

Aus dem Departement für Nutztiere der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun)

Farbdoppler Untersuchungen an Arterien und Venen des Rindes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von
Rahel Hoegger
Tierärztin
von Wuppenau TG

genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. Dr. h. c. U. Braun, Referent
PD Dr. T. Glaus, Korreferent

Zürich, 2006
Zentralstelle der Studentenschaft

Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG	1
2. SUMMARY	3
3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
4. LITERATURÜBERSICHT	7
4.1. Anatomische Grundlagen	7
4.1.1. Arterien	7
4.1.2. Venen	7
4.2. Dopplersonographie	8
4.2.1. Dopplereffekt	8
4.2.2. Pulsed wave-Dopplersonographie (pw-Dopplersonographie)	8
4.2.3. Duplexsonographie	9
4.2.4. Farbdopplersonographie	10
4.2.5. Dopplerfrequenzspektren	10
4.2.6. Qualitative und quantitative Auswertung dopplersonographischer Flusskurven	11
4.2.7. Arterien	11
4.2.8. Venen	12
4.2.9. Farbdopplersonographie in der Veterinärmedizin	12
4.2.10. Wirkungen von Xylazin beim Wiederkäuer	14
5. MATERIAL UND METHODIK	16
5.1. Tiergruppen	16
5.1.1. Gruppe 1: Gesunde Kühe	16
5.1.2. Gruppe 2: Kranke Kühe	16
5.2. Sonographische Untersuchung	17
5.2.1. Ultraschallgerät	17
5.2.2. Vorbereitung der Tiere	17
5.2.3. Farbdoppleruntersuchung	17

5.2.4. Blutgefäße	18
5.2.5. Farbdopplersonographische Untersuchung der Arterien	19
5.2.6. Farbdopplersonographische Untersuchung der Venen	19
5.2.7. Statistik	20
5.3. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich	20
6. ERGEBNISSE	21
6.1. Untersuchungen bei 30 gesunden Kühen (Gruppe 1)	21
6.1.1. Blutuntersuchung	21
6.1.2. A. carotis communis	21
6.1.2.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der A. carotis communis	21
6.1.2.2. Blutflussparameter in der A. carotis communis	23
6.1.3. A. uterina	25
6.1.3.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der A. uterina	25
6.1.3.2. Blutflussparameter in der A. uterina	25
6.1.4. V. jugularis externa	28
6.1.4.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. jugularis externa	28
6.1.4.2. Blutflussparameter in der V. jugularis externa	29
6.1.5. V. musculophrenica	29
6.1.5.1. Blutflussparameter in der V. musculophrenica	29
6.1.6. V. subcutanea abdominis	31
6.1.6.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. subcutanea abdominis	31
6.1.6.2. Blutflussparameter in der V. subcutanea abdominis	31
6.1.7. V. uterina	32
6.1.7.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. uterina	32
6.1.7.2. Blutflussparameter in der V. uterina	33
6.1.8. Korrelationen zwischen den Flussparametern der Arterien	35
6.1.9. Korrelationen zwischen Flussparametern der Venen	40
6.2. Fallvorstellungen (Untersuchungen bei 5 kranken Kühen, Gruppe 2)	44
6.2.1. Pericarditis traumatica	44

6.2.2. Euterhämatom	51
6.2.3. Hämatom der Eutervene	54
6.2.4. Endocarditis valvularis dextra	56
7. DISKUSSION	59
7.1. Methodenbewertung	59
7.2. Vergleich und Beurteilung der farbdopplersonographischen Ergebnisse der Gefäße	62
7.2.1. Arterien	62
7.2.2. Venen	66
7.3. Beurteilung der Ergebnisse bei den kranken Kühen	67
7.4. Ausblick	68
8. LITERATURVERZEICHNIS	69
9. DANKSAGUNG	73
LEBENS LAUF	

1. ZUSAMMENFASSUNG

Das Hauptziel dieser Arbeit war es, mit Hilfe der Farbdopplersonographie Arterien und Venen des gesunden Rindes vor und nach Sedation mit Xylazin zu beschreiben. Die Farbdopplersonographie ist eine geeignete, nicht invasive Methode, um hämodynamische Werte zu evaluieren. Die Untersuchungen wurden an folgenden Gefässen durchgeführt: A. carotis communis, A. uterina, V. jugularis externa, V. musculophrenica, V. subcutanea abdominis und V. uterina. An den ausgewählten Gefässen wurden Struktur, Grösse und Flussgeschwindigkeiten bestimmt, verschiedene Blutströmungsparameter gemessen und charakteristische Flussmuster registriert. Zusätzlich wurden die entsprechenden Untersuchungen an einigen Kühen mit Erkrankungen des Herz-/Kreislauf-/Gefässsystems durchgeführt.

Die Normalbefunde wurden an 30 gesunden Braunviehkühen auf der linken Körperseite sonographisch erhoben. Dabei wurden die Mittelwerte der gemessenen Blutparameter vor und nach Xylazingabe miteinander verglichen. Durch die Sedation zeigte sich die Tendenz einer allgemeinen Reduktion der Blutflussgeschwindigkeiten und der Herzfrequenz. Signifikante Unterschiede liessen sich hauptsächlich in der A. carotis communis und der V. jugularis externa feststellen. So nahmen in der A. carotis communis die maximale systolische Geschwindigkeit von 114.07 ± 32.4 um 25 % auf 85.06 ± 22.9 cm/s, die maximale enddiastolische Geschwindigkeit von 25.72 ± 19.1 um 48 % auf 13.33 ± 9.9 cm/s und die mittlere Geschwindigkeit von 53.81 ± 17.5 um 33 % auf 35.95 ± 11.9 cm/s ab. Die Herzfrequenz erniedrigte sich um 12 % von 66.23 ± 9.0 auf 57.77 ± 8.5 Schläge pro Minute. In der V. jugularis externa senkten sich die mittlere und minimale Flussgeschwindigkeiten signifikant und zwar um 26 % von 34.85 ± 10.4 auf 26.15 ± 8.6 cm/s bzw. um 35 % von 20.43 ± 12.1 auf 12.87 ± 9.4 cm/s. Die arteriellen Ge-

fässe wiesen deutliche Pulsationen auf, die venösen Blutströme waren gleichförmiger.

Bei den kranken Tieren handelte es sich um fünf Kühe mit Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, welche im Untersuchungszeitraum vorgestellt wurden. Zwei Kühe litten an einer Pericarditis traumatica, eine Kuh wies ein Eutervenenhämatom auf, ein Tier hatte ein Euterhämatom und eine Kuh war an einer Endocarditis valvularis dextra erkrankt. Die an diesen Tieren gemessenen Parameter wurden in jedem einzelnen Fall separat beurteilt und vor und nach Sedation verglichen. Dabei konnten unter Xylazinwirkung die zu erwartenden Veränderungen der Blutflussparameter, wie sie bei den gesunden Kühen aufgetreten waren, nicht beobachtet werden.

2. SUMMARY

The principle aim of this study was the evaluation of arterial and venous blood vessels of healthy cows, before and after sedation with xylazine (Rompun[®] 2%), using colour Doppler sonography.

Colour Doppler sonography is a non invasive technique well suited to the evaluation of hemodynamic parameters.

The following blood vessels were evaluated in the study: A. carotis communis, A. uterina, V. jugularis externa, V. musculophrenica, V. subcutanea abdominis and V. uterina.

The selected vessels' structure, diameter (size) and flow speed were determined and various blood-flow parameters and characteristic flow patterns were assessed. In addition to the evaluation of healthy cows, the same measurements were carried out on a small population of cows suffering from cardiovascular diseases admitted to the Department of Farm Animals, University of Zurich, during the study period.

The ultrasonographic measurements were carried out on the left side of 30 Brown Swiss cows and the group means before and after xylazine application were compared. After sedation, an overall tendency toward decreased flow speeds and decreased heart rate was noted. Significant differences were mainly observed in the A. carotis communis and the V. jugularis externa: maximal systolic flow rate in the A. carotis communis decreased by 25 % from 114.07 ± 32.4 to 85.06 ± 22.9 cm/s, maximal enddiastolic flow rate decreased by 48 % from 25.72 ± 19.1 to 13.33 ± 9.9 cm/s and the median flow rate dropped by 33 % from 53.81 ± 17.5 to 35.95 ± 11.9 cm/s. Heart rate showed a decrease of 12 % from 66.23 ± 9.0 to 57.77 ± 8.5 beats per minute. The flow rates in the V. jugularis externa also dropped significantly in response to xylazine application, with median and minimum flow rates decreasing by 26 % from 34.85 ± 10.4 to 26.15 ± 8.6 cm/s and

35 % from 20.43 ± 12.1 to 12.87 ± 9.4 cm/s respectively. Generally, arterial vessels showed obvious pulsation, while venous vessels showed a more even flow pattern.

Five cows suffering from cardiovascular disease were evaluated. Of these, two suffered from pericarditis of traumatic origin, one from a hematoma on the V. subcutanea abdominis (udder vein), one from a hematoma on the udder and one from endocarditis valvularis dextra. The same parameters were evaluated as in the healthy cows, both before and after xylazine application, and were assessed independently for each individual. However, none of the cows showed changes in flow rate similar to those observed in the healthy cows.

3. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Über duplexsonographische Untersuchungen der Gefäße des Rindes existieren kaum Angaben in der Literatur. Dies hängt einerseits damit zusammen, dass Erkrankungen des Herz-/Kreislauf-/Gefäßsystems bei dieser Spezies relativ selten vorkommen, andererseits gehören die für solche Untersuchungen erforderlichen Geräte nicht zur Standardausrüstung jeder Rinderklinik. Die Duplexsonographie, welche den B-mode mit der Dopplersonographie kombiniert, stellt als nichtinvasive Technik eine hervorragende Möglichkeit zur Untersuchung von Blutgefäßen und deren Blutstrom dar. Mit dem B-Mode lassen sich morphologische Charakteristika beobachten, während mit der Dopplersonographie Blutflussmuster in spezifischen Gefäßabschnitten evaluiert werden können. Bei der Beurteilung der Halsgefäße sind nicht nur das Auftreten von Entzündungen und Thrombosen, sondern auch Veränderungen des Blutströmungsverhaltens von Interesse. Solche kommen bei verschiedenen Herzerkrankungen in den herznahen Venen und Arterien vor. Herzerkrankungen bei Rindern wie Endocarditis valvularis, Pericarditis traumatica und Kardiomyopathie können heute meist echokardiographisch korrekt diagnostiziert werden. Manche Herzerkrankungen, insbesondere Perikard Erkrankungen ohne deutlichen Erguss, oder Gefäßkompressionen und -obstruktionen durch raumfordernde Prozesse oder Thrombosen können demgegenüber schwierig zu diagnostizieren sein. Mittels farbkodierter und gepulster Dopplersonographie können Aussagen über die Vaskularisation von Organen gewonnen werden. Durch die viel geringere Patientenbelastung ist die Dopplerechographie der in der Veterinärmedizin ohnehin wenig verbreiteten Angiographie überlegen.

Ein generelles Problem bei Untersuchungen am wachen Rind ist die Kooperationsbereitschaft der Tiere, weshalb Untersuchungen oft unter Sedation durchgeführt werden. Bei Untersuchungen des Herz-Kreislaufsystems ist aber zu berücksichtigen, dass es durch eine übliche Sedation mit Xylazin markant beeinflusst werden kann.

Das Ziel dieser Arbeit war es, mit Hilfe der Farbdopplersonographie Arterien und Venen des gesunden wie auch des kranken Rindes sowohl vor als auch nach Sedation zu beschreiben. Es wurden 30 adulte, gesunde Rinder und fünf Kühe mit Herz-Kreislaufkrankungen farbdopplersonographisch untersucht. Bei diesen Tieren wurden verschiedene Parameter einiger Arterien und Venen und das Strömungsverhalten in diesen Gefäßen v. a. bei klinisch gesunden Kühen erhoben und studiert. Der erfolgreiche Einsatz der Ultrasonographie zur Untersuchung von veränderten Blutströmungen, die Rückschluss geben auf Organdysfunktionen, setzt die Kenntnis ihres normalen Sonogramms voraus. Die aus den eigenen Ergebnissen ermittelten Referenzbereiche sollen als Grundlage für den klinischen Einsatz der Farbdopplersonographie in der Buiatrik dienen.

4. LITERATURÜBERSICHT

4.1. Anatomische Grundlagen

Diese Übersicht beschreibt die Arterien und Venen, welche in der vorliegenden Dissertation untersucht wurden, nämlich die A. carotis communis, die A. uterina, die V. jugularis externa, die V. musculophrenica, die V. subcutanea abdominis und die V. uterina.

4.1.1. Arterien

Die A. carotis communis sinistra geht in Höhe des 7. Halswirbels ventral der Trachea aus dem Truncus bicaroticus hervor. Sie zieht im kaudalen Halsbereich zunächst lateral über den Oesophagus, den sie im weiteren kranialen Verlauf ventral vom M. longissimus begleitet. Ventral gesellt sich die V. jugularis interna dazu.

Die A. uterina entspringt als erstes Gefäß aus der A. umbilicalis und liegt unmittelbar dorsal der V. uterina (NICKEL et al., 1984).

4.1.2. Venen

Die V. jugularis externa sinistra bildet zusammen mit der Vene der anderen Seite die Endaufteilung der V. cava cranialis. Sie verläuft oberflächlich in der Drosselrinne.

Die V. thoracica interna teilt sich mit Erreichen des Zwerchfells in die V. epigastrica cranialis und die V. musculophrenica auf. Letztere verläuft entlang dem Ursprung der Pars costalis des Zwerchfells und ventral der Haube.

Die Venen des Euters schliessen sich zur V. subcutanea abdominis zusammen, welche vom Euter nach kranial verläuft, wo sie die Bauchwand zwischen Schaukelknorpel und 8. Rippenknorpel durchdringt.

Aus der V. iliaca interna entspringt die V. uterina, welche zum Uterus zieht. Sie kann beim Rind auch fehlen (NICKEL et al., 1984).

4.2. Dopplersonographie

4.2.1. Dopplereffekt

Die an unbewegten Objekten reflektierten Ultraschallwellen besitzen eine geringere Energie als die ausgesandten Schallwellen; sie haben aber dieselbe Wellenlänge und Frequenz wie diese.

Erfolgt dagegen die Schallreflexion an bewegten Objekten, so unterliegen die reflektierten Schallwellen einer Frequenzverschiebung, einem sogenannten Dopplershift. Der Dopplershift ist die Differenz aus der reflektierten „neuen“ Frequenz und der ausgesandten „ursprünglichen“ Frequenz. Dieses Phänomen wird nach seinem Entdecker Christian J. Doppler (1803-1853) als Dopplereffekt bezeichnet.

In der medizinischen Ultraschalldiagnostik wird der Dopplereffekt genutzt, um die relative Flussrichtung und die Geschwindigkeit des Blutes, d. h. genauer der Blutkörperchen, zu bestimmen (POULSEN NAUTRUP und TOBIAS, 2001).

4.2.2. Pulsed wave-Dopplersonographie (pw-Dopplersonographie)

Bei der pw-Dopplersonographie ist ein einziger Piezokristall in der Ultraschallsonde vorhanden, der gleichzeitig Sender und Empfänger von Schallwellen ist (POULSEN NAUTRUP und TOBIAS, 2001). Die Laufzeit zwischen Schallsendung und Empfang eines Echos gibt Informationen darüber, aus welcher Tiefe im Gewebe das Echo stammt. Die Durchführung einer Winkelkorrektur ermöglicht, dass auch Blutfließgeschwindigkeiten gemessen werden können, die nicht parallel zur Schallausbreitungsrichtung verlaufen (WIDDER und GOERTLER, 2004). Die Wiedergabe der Dopplerfrequenzen erfolgt akustisch und graphisch als Spektralkurve (HUCK, 2001). Anhand dieser Erscheinungen kann zwischen Vene und Arterie differenziert werden.

4.2.3. Duplexsonographie

Die gleichzeitige Darstellung von makroskopischen Strukturen mittels zweidimensionaler B-Bild-Sonographie und von Blutströmungen mittels einkanlig gepulster Dopplerechographie wird als Duplexsonographie bezeichnet (POULSEN NAUTRUP und TOBIAS, 2001). Durch ihren Einsatz ergibt sich für die Dopplerableitung die Möglichkeit, gezielt in vom Untersucher definierten Gewebetiefen nach dem Vorhandensein von Blutströmung zu suchen. Durch die Kenntnis des Beschallungswinkels (Winkel zwischen dem Dopplerstrahl und der Gefässachse im Längsschnitt) können nicht nur Aussagen über Dopplerfrequenzen gemacht werden, sondern es sind auch konkrete Messungen der Strömungsgeschwindigkeit möglich (WIDDER und GOERTLER, 2004). Aus der sogenannten Dopplergleichung lässt sich die Blutflussgeschwindigkeit folgendermassen berechnen:

$$v = \frac{f_d \times c}{2f_0 \times \cos \alpha}$$

f_d Frequenzverschiebung

f_0 Ausgesandte Frequenz

v Strömungsgeschwindigkeit des Reflektors (hier: Membranen der strömenden Blutkörperchen)

α Beschallungswinkel

c Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen im Weichteilgewebe (ca. 1540 m/s).

Neben der ausgesandten Frequenz und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen, die bekannt sind, und der Frequenzverschiebung, die vom Dopplerultraschallgerät ermittelt wird, ist die Blutflussgeschwindigkeit vom Beschallungswinkel abhängig. Nur wenn das Blut genau in Richtung der Schallwellen

fliesst, d. h. $\alpha = 0$ ist, ist der cos von α gleich 1, und die gemessene Fliegeschwindigkeit des Blutes entspricht der tatsächlichen. Dies ist allerdings in praxi nur selten möglich. Verlaufen die Gefässe, in denen der Blutfluss erfasst werden soll, senkrecht zur Schallausbreitung, kann keine Blutströmung registriert werden, da $\cos(90^\circ) = 0$ ist und somit die Gleichung nicht definiert ist (POULSEN NAUTRUP und TOBIAS, 2001). Dabei sollte der Beschallungswinkel nicht mehr als 60° betragen, da sonst inakzeptable Messfehler auftreten können (WIDDER und GOERTLER, 2004).

4.2.4. Farbdopplersonographie

Bei der Farbdopplersonographie handelt es sich um ein vielkanalig gepulstes Dopplersystem in Verbindung mit der B-Bild-Sonographie. Hier wird die Diagnostik wie bei der Duplexsonographie in einem einzigen Untersuchungsgang durchgeführt (HUCK, 2001). Dabei werden „Strömungsbild“ und „Gewebebild“ überlagert und zusammen dargestellt. Das heisst, es wird ein Messvolumen (sample volume) an die Stelle im Ultraschallschnittbild platziert, an der die Dopplerableitung stattfinden soll. Die Strömung wird dabei farbig abgebildet, wobei im Allgemeinen Rot auf die Sonde zu fließendes Blut und Blau von der Sonde weg fließendes Blut bedeuten. Gelb oder Grün signalisieren turbulente Strömungen. Das unbewegte Gewebe wird im herkömmlichen B-Bild grau aufgezeichnet (ARNING, 2002).

4.2.5. Dopplerfrequenzspektren

Unter physiologischen Bedingungen herrscht in den meisten Gefässen ein parabolischer Blutströmungstyp. Dies bedeutet, dass der Dopplershift aus mehreren Frequenzen besteht und somit ein Frequenzspektrum darstellt. Dieses Frequenz- bzw. Geschwindigkeitsspektrum kann in Form einer Kurve in Abhängigkeit von der Zeit auf dem Bildschirm sichtbar gemacht werden (BAUMGARTNER, 1998).

Das Dopplerfrequenzspektrum kann einerseits qualitativ beurteilt und andererseits quantitativ ausgemessen werden.

4.2.6. Qualitative und quantitative Auswertung dopplersonographischer Flusskurven

Qualitative Aussagen, die mit Hilfe der Dopplerkurven getroffen werden können, sind das Vorhandensein eines Flusses, die Blutströmungsrichtung sowie die Art des Gefäßes (Arterie oder Vene). Üblicherweise werden Blutströmungen auf den Schallkopf zu oberhalb der Nulllinie, Flussrichtungen vom Schallkopf weg unterhalb der Nulllinie dargestellt. Die quantitative Beurteilung der Arterien und Venen erfolgt über die Messung der systolischen und enddiastolischen Maximalgeschwindigkeiten sowie der mittleren Blutflussgeschwindigkeit und der Flussvolumina (CHAOUI et al., 1989).

4.2.7. Arterien

Die arterielle Blutströmung weist einen pulsatilen Fluss mit hoher systolischer und mehr oder weniger niedriger diastolischer Amplitude auf (DEPKEN, 1999). Die Beschreibung von Perfusionsverhältnissen in Arterien erfolgt in Form von Indizes und Quotienten. Diese sind Ausdruck des peripheren Flusswiderstands, welcher vor allem den Blutfluss während der Diastole beeinflusst. Das heisst, dass die enddiastolische Blutflussgeschwindigkeit bei einer Erhöhung des peripheren Widerstandes sinkt und dass die Werte der Dopplerindizes dabei steigen. Der Resistenzindex wird mit der Formel $RI = \frac{\text{maximale systolische Flussgeschwindigkeit} - \text{maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit}}{\text{maximale systolische Flussgeschwindigkeit}}$ berechnet. Der Pulsatilitätsindex PI wird durch Subtraktion der maximalen enddiastolischen Flussgeschwindigkeit von der maximalen systolischen Flussgeschwindigkeit, dies dividiert durch die mittlere Flussgeschwindigkeit in einem Herzzyklus, bestimmt (HUCK, 2001). Das Zeitgeschwindigkeitsintegral TVI repräsentiert die Strecke, die während eines Herz-

schlages von einem Blutvolumen in einem Gefäß zurückgelegt wird. Multipliziert man das Zeitgeschwindigkeitsintegral mit der Querschnittfläche ergibt sich das Schlagvolumen: $TVI \times CSA = SV$ (TVI = Zeitgeschwindigkeitsintegral, CSA = Querschnittfläche, SV = Schlagvolumen) (DARKE, 1990). Das Flussvolumen oder auch Herzzeitvolumen genannt, d. h. das Blutvolumen, das pro Zeiteinheit vom Herzen ausgeworfen wird, errechnet sich aus Herzfrequenz mal Schlagvolumen: $FV = HR \times SV$ (FV = Flussvolumen, HR = Herzfrequenz, SV = Schlagvolumen) (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 1983).

4.2.8. Venen

In den herzfernen Venen liegt unter normalen Bedingungen eine kontinuierliche Strömung vor, die sich im Dopplerspektrum als bandförmiges Strömungssignal mit geringen Amplitudenschwankungen zeigt (DEPKEN, 1999).

Bei kontinuierlichen Venenflüssen lassen sich die folgenden Blutflussparameter berechnen:

V_p = maximale Flussgeschwindigkeit

V_d = minimale Flussgeschwindigkeit

V_m = mittlere Flussgeschwindigkeit.

4.2.9. Farbdopplersonographie in der Veterinärmedizin

Ein einfaches Dopplerverfahren wurde bereits anfangs der 70er Jahre im Rahmen der Trächtigkeitsdiagnostik eingesetzt. 1970 beschrieb Helper die erfolgreiche Wahrnehmung des schlagenden Herzens bei Hundefeten mit Hilfe von Ultraschall (HELPER, 1970). Weiter wurde die Dopplertechnik bei Nutztieren zur Messung von Stromzeitvolumina in den Blutgefäßen des Euters in Abhängigkeit von der Milchleistung eingesetzt (CHRISTENSEN et al., 1989). 1987 nutzten die Japaner Hagio und Otsuka das gepulste Dopplerverfahren klinisch zur Beurteilung der kardialen Hämodynamik bei Hunden und Kälbern (HAGIO und OTSUKA, 1987). LEE et al. (1990) bestimmten mit einer Kombination aus zweidimensionaler Re-

al-time Sonographie und gepulster Dopplersonographie die maximale systolische Flussgeschwindigkeit in der A. carotis communis sowie deren Durchmesser bei Ziegen vor und nach Sedation mit Xylazin. Die sedierten Tiere zeigten eine Zunahme des Gefässdurchmessers um 20 bis 30 %. Die Autoren führten die Vasodilatation auf xylazinbedingte, periphere inhibitorische α -Rezeptorenwirkungen und auf die zentral bedingte kardiovaskuläre Depression zurück. Dabei kam es jedoch zu keinen statistisch signifikanten, sedationsbedingten Veränderungen der maximalen Flussgeschwindigkeit (LEE et al., 1990). FÖHN (1992) studierte das Strömungsverhalten des Blutes in den grossen Halsgefässen klinisch gesunder Kühe. Er führte die Ultraschalluntersuchungen sowohl vor wie auch nach Sedation mit Xylazin an der A. carotis communis und der V. jugularis externa durch. Dabei stellte er fest, dass es unter Einfluss von Xylazin bei allen untersuchten Kühen zu einer allgemeinen Beruhigung des Blutflusses in der A. carotis communis kam, die sich in einer signifikanten Reduktion der Flussgeschwindigkeiten und einer Abnahme der Breite des Geschwindigkeitsspektrums äusserte. Die Herzfrequenz fiel ab und der Gefässdurchmesser erweiterte sich. Trotz der Zunahme der Gefässquerschnittfläche verringerte sich das arterielle Stromzeitvolumen. In der V. jugularis externa konnten nach Applikation von Xylazin ähnliche Veränderungen festgestellt werden. Es kam ebenso zu einer allgemeinen Beruhigung des Blutflusses, die sich in der abnehmenden Breite des Geschwindigkeitsspektrums und einer signifikanten Reduktion der Flussgeschwindigkeiten zeigte (FÖHN, 1992). Bonagura und Miller (1986) beschrieben den Blutfluss bei gesunden Hunden mittels Farbdopplersonographie. Sie stellten den Blutfluss im Herzen, in den Pulmonalgefässen und in der V. cava caudalis farbig dar und beobachteten ihn während mehrerer Herzzyklen. Sie formulierten damit eine hilfreiche Grundlage für die Interpretation von klinischen Befunden. Anfang der 90er Jahre beschrieb Darke erstmals die Bedeutung der farbkodierten Doppleruntersuchung für die Diagnose von Herzerkrankungen bei Hunden (DARKE, 1990). Die Farbdopplersonographie wird seither in der Veterinärmedizin zunehmend angewendet. Mit ihrer Hilfe

können normale Blutflussmuster dokumentiert und am Herzen wie auch in Gefäßen abnormale Strömungen festgestellt werden. Farbdoppleruntersuchungen werden vor allem bei Kleintieren, bei welchen Herz- und Kreislauferkrankungen häufiger auftreten als bei Grosstieren, durchgeführt. Viele Erkrankungen betreffen die Organe selbst und so ist gerade ihre direkte Gefäß- und Blutversorgung von grossem Interesse. DEPKEN (1999) bestimmte bei Katzen Normalwerte für Arterien und Venen einiger abdominalen Organe und schuf damit Grundlagen für die klinische Nutzung dieser Methoden. Die farbkodierte Dopplersonographie kann nach Depken (1999) eine Diagnose absichern und den Erfolg einer eingeleiteten Therapie überprüfen. Im Grosstierbereich wurden im Bereich der Gynäkologie farbdopplersonographische Untersuchungen vorgenommen. In der Dissertation von BAUMGARTNER (1998) wurden der Blutfluss im Genitale des Rindes bestimmt und Änderungen in der Durchblutung während des Zyklus und der Gravidität verfolgt. Die hämodynamischen Parameter wurden an der A. uterina gemessen und bei allen Tieren konnten gleichförmige Veränderungen festgestellt werden, wobei während des Zyklus eine deutliche Korrelation zwischen Östrogenkonzentrationen und dem Blutfluss bestand. Der Blutfluss in der A. uterina auf der graviden Seite war am 13. Trächtigkeitstag signifikant höher als am 13. Zyklustag. Im Verlauf der Trächtigkeit nahm der Blutfluss in der A. uterina stetig zu, wobei das Gefäß der graviden Seite stets eine höhere mittlere Blutflussgeschwindigkeit und einen niedrigeren Resistenzindex aufwies als das der nichtgraviden Seite (BAUMGARTNER, 1998). Ähnliche Untersuchungen wurden mittels transrektaler Farbdoppleruntersuchungen auch bei Stuten vorgenommen (BOLLWEIN et al., 1998; BOLLWEIN et al., 2003).

4.2.10. Wirkungen von Xylazin beim Wiederkäuer

Seit den 60er Jahren wird in Europa das Xylazin als Sedativum bei Wiederkäuern eingesetzt. 1981 wurde erkannt (PADDLEFORD und HARVEY, 1999), dass es seine sedative und analgetische Wirkung über zentrale α_2 -Adrenozeptoren entfaltet.

tet. So wurde Xylazin zum ersten α_2 -Agonisten, welcher in der Veterinärmedizin zur Anwendung kam (PADDLEFORD und HARVEY, 1999). Xylazin wirkt zusätzlich auch muskelrelaxierend. Bei verschiedenen Tierarten, wie auch beim Menschen, führt es zu einer ausgeprägten zentralnervösen Dämpfung, die beim Rind mit steigender Dosierung in einen narkoseähnlichen Zustand übergeht. Wenige Minuten nach der intravenösen Applikation erfolgt eine rasch zunehmende Sedierung. Die Reaktionen auf Umweltreize sind herabgesetzt, die Hautsensibilität nimmt ab, und es tritt Speichelfluss auf (ROSENBERGER, 1990). Xylazin übt verschiedene Effekte auf das kardiovaskuläre System aus. Durch die periphere Vasokonstriktion kommt es initial zu einem leichten Anstieg und danach zu einem Abfall des systolischen und diastolischen Blutdrucks (PADDLEFORD und HARVEY, 1999). Durch direkte Stimulation peripherer α -Rezeptoren steigt der Gefäßwiderstand an (GREENE und THURMON, 1988). Das Xylazin kann stark depressiv und arrhythmogen wirken. Es kann signifikante Herzdysrhythmien wie eine Sinusbradykardie, -arrhythmie oder einen Atrioventrikularblock hervorrufen. Dies geschieht aufgrund eines erhöhten Vagustonus (PADDLEFORD und HARVEY, 1999). Auch Bradykardie sowie Verminderung der Atemfrequenz, Aussetzen der Pansenmotorik, Diarrhoe, vermehrter Harnabsatz, Anstieg der Körpertemperatur und erhöhter Uterustonius können beobachtet werden (ROSENBERGER, 1990).

Je nach Zustand des Tieres und je nach Versuchsbedingungen muss mit unterschiedlichen Resultaten gerechnet werden. So ist bekannt, dass aufgeregte Tiere mit Xylazin kaum zu sedieren sind (TRACHSEL und SCHATZMANN, 1984).

5. MATERIAL UND METHODIK

5.1. Tiergruppen

Die Untersuchungen wurden an 30 gesunden Kühen (Gruppe 1) und an 5 kranken Kühen (Gruppe 2) durchgeführt. Alle Tiere wurden klinisch und sonographisch untersucht, und es wurden Blutproben für die chemische und hämatologische Untersuchung entnommen. Bestimmt wurden der Hämatokrit, das Plasmaprotein, das Fibrinogen und die Elektrolyte. Zusätzlich wurde eine Blutgasanalyse durchgeführt.

5.1.1. Gruppe 1: Gesunde Kühe

Die Gruppe 1 bestand aus 30 Kühen der Schweizer Braunviehrasse im Alter von 2.5 bis 8 Jahren ($\bar{x} \pm s = 4.6 \pm 1.3$ Jahre). Die Tiere waren mässig bis sehr gut genährt. Das Körpergewicht lag zwischen 380 und 730 kg (583.3 ± 83.6 kg). Die Kühe waren klinisch gesund und nicht trächtig. Die Untersuchungen fanden jeweils zwischen 8 und 10 Uhr vormittags statt.

5.1.2. Gruppe 2: Kranke Kühe

Die Gruppe 2 bestand aus fünf kranken Kühen, wovon zwei Kühe der Rasse Holstein Friesian, eine Kuh der Rasse Red Holstein, eine Kuh der Simmentalrasse und eine Kuh der Rasse Braunvieh angehörten. Das Alter lag zwischen 3 und 9 Jahren (5.2 ± 2.7 Jahre). Das Körpergewicht der Tiere betrug zwischen 520 und 640 kg (602 ± 48.2 kg). Die Tiere wurden wegen verschiedenen Krankheiten ans Tierspital eingeliefert. Zwei Kühe litten an einer Pericarditis traumatica, eine Kuh zeigte Blutmelken infolge eines Euterhämatoms, eine Kuh war postpartal festliegend mit einem Hämatom der linken Eutervene als Nebebefund, und eine Kuh litt an einer Endocarditis valvularis dextra.

5.2. Sonographische Untersuchung

5.2.1. Ultraschallgerät

Zur Untersuchung wurde ein Hitachi Ultrasound Scanner EUB 8500 mit einer 7.5-MHz-Linearsonde (Hitachi, EUP-033J) für die Untersuchung der Beckengefäße und einer 5.0-MHz-Linearsonde (EUP-L53S) für die Untersuchung der übrigen Gefäße (A. carotis communis etc.) verwendet. Die Sonden wurden zur Untersuchung mit Kontaktgel (Aquasonic[®], Polymed, 8152 Opfikon/Glattbrugg) beschichtet. Die Bilder wurden im Ultraschallgerät gespeichert, anschliessend mit einer wiederbeschreibbaren MO-Diskette (magneto-optical disk, 640 MB) von der Harddisk des Ultraschallgerätes auf die Harddisk eines PC's übertragen und ausgewertet.

5.2.2. Vorbereitung der Tiere

Die Kühe wurden in einem Untersuchungsstand der Klinik untersucht. Eine Hilfsperson war nötig, um die Tiere am Kopf zu halten, damit diese etwas ruhiger und somit leichter zu untersuchen waren. Für die Ultraschalluntersuchung wurden die Haut im Bereich der Halsgefäße auf einer Breite von etwa 15 cm, der Haubenbereich und die Haut über der linken Eutervene auf einer Länge von etwa 20 cm geschoren. Die Untersuchungen erfolgten auf der linken Körperseite. Bei der Simmentalkuh mit dem Eutervenenhämatom links wurde auch die Eutervene auf der rechten Seite ausgeshoren. Vor der Ultraschalluntersuchung wurde Kontaktgel auf die Haut aufgetragen.

5.2.3. Farbdoppleruntersuchung

Die zu untersuchenden Gefäße wurden vor der Sedation mit Xylazin (Rompun[®] 2%) nach ihrer anatomischen Lage von kranial nach kaudal untersucht. 5-10 Minuten nach intravenöser Applikation von 0.03 mg Xylazin pro kg Körpergewicht wurde die Ultraschalluntersuchung an den Arterien und Venen wiederholt. Jedes

Gefäß wurde im Längsschnitt sonographisch untersucht. Dabei wurde das Blutgefäß mittels B-Mode an einer Stelle lokalisiert. Darauf wurde das Farbfenster überlagert, um den Blutfluss sichtbar zu machen, und es wurde ein Winkel von 60° eingestellt. Mit dem Einschalten des pw-Dopplers wurde in der unteren Hälfte des Ultraschallbildes zusätzlich die Spektralkurve aufgezeichnet und hörbar gemacht. Nach Erhalt eines farblich gut sichtbaren Strömungsbildes und einer klar verlaufenden Spektralkurve wurde das Bild eingefroren, und die Messungen wurden vorgenommen. Pro Gefäß wurde eine Messung an einem Punkt durchgeführt. Dabei wurden die Parameter durch den im Ultraschallgerät integrierten Computer errechnet.

5.2.4. Blutgefäße

Die Farbdopplersonographie wurde an folgenden Gefäßen durchgeführt:

A. carotis communis

V. jugularis externa

V. musculophrenica

V. subcutanea abdominis

A. uterina

V. uterina.

Es gelang nicht bei allen Kühen, jedes Gefäß sonographisch zu untersuchen. Aufgrund unruhigen Verhaltens konnte bei 17 Tieren kein optimales Flussbild von der A. carotis communis erhalten werden, und bei einer Kuh war die V. uterina nicht auffindbar. In diesen Fällen konnten die Messungen nicht vorgenommen werden. Da jedoch die Ultraschalluntersuchung bei jedem Tier an mindestens vier Gefäßen durchführbar war, wurden alle 30 Kühe in die Auswertung miteinbezogen.

5.2.5. Farbdopplersonographische Untersuchung der Arterien

Die Lokalisation der A. carotis communis erfolgte auf der linken Seite des Halses mittels des sonographischen Gefäßquerschnittes. In der Halsmitte konnte dieses Gefäß im Längsschnitt oberhalb der Trachea dargestellt werden. Die A. uterina wurde transrektal links im Becken aufgesucht. Sie war im Längsschnitt sofort erkennbar anhand der Pulsation und als direkt über der V. uterina gelegenes Gefäß. Folgende Blutflussparameter wurden bei diesen Gefäßen im Längsschnitt innerhalb einer Herzaktion ermittelt:

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche

D2 = Gefäßdurchmesser

V_p = Maximale systolische Flussgeschwindigkeit

V_d = Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit

PI = Pulsatilitätsindex = $\frac{V_p - V_d}{V_m}$

RI = Resistenzindex = $\frac{V_p - V_d}{V_p}$

TVI = Zeitgeschwindigkeitsintegral

CSA = Querschnittfläche

HR = Herzfrequenz

SV = Schlagvolumen

FV = Flussvolumen.

5.2.6. Farbdopplersonographische Untersuchung der Venen

Bei der Farbdoppleruntersuchung der Venen wurde analog zur Untersuchung der Arterien vorgegangen. Die Messungen erfolgten über die ganze Dopplerkurve. Dabei wurden folgende Werte bestimmt:

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche

D2 = Gefäßdurchmesser

V_p = Maximale Flussgeschwindigkeit

V_d = Minimale Flussgeschwindigkeit

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit.

5.2.7. Statistik

Die Auswertung der Dopplerkurven erfolgte in tabellarischer Form über das Programm FileMaker Pro 6 und anschliessend mit dem Statistikprogramm StatView 5.0 (SAS Institut, 8602 Wangen, Schweiz) in Form einer deskriptiven Statistik. Die Ergebnisse wurden als Mittelwerte \pm Standardabweichung angegeben. Als Normalbereich wurde der Bereich zwischen der 10- und 90-Perzentile gewählt. Die Signifikanzen wurden mittels t-Tests überprüft. Für die Bestimmung der Korrelationskoeffizienten wurden pro Gefäss zuerst die vor der Sedation und anschliessend die nach der Sedation gemessenen Werte miteinander verglichen. Danach wurden Vergleiche zwischen den vor Xylazingabe ermittelten Werten mit den analogen nach Xylazingabe angestellt.

5.3. Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Abteilungen der Universität Zürich

Am Zustandekommen der vorliegenden Arbeit war zusätzlich das Veterinärmedizinische Labor (Prof. Dr. H. Lutz) beteiligt, welches die hämatologischen und blutchemischen Untersuchungen durchführte.

6. ERGEBNISSE

6.1. Untersuchungen bei 30 gesunden Kühen (Gruppe 1)

6.1.1. Blutuntersuchung

Die hämatologische und chemische Untersuchung des Blutes ergab keine abnormen Befunde.

6.1.2. A. carotis communis

6.1.2.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der A. carotis communis

Die A. carotis communis konnte im Querschnitt als fast kreisrunde Struktur dargestellt werden. Sie war von den Gefäßen in ihrer Umgebung dadurch gut abgrenzbar, dass ihr pulsierender Blutfluss durch die Überlagerung des Messvolumens (sample volume) farbig deutlich sichtbar war. Die Arterienwand erschien als stärkere, echoreiche Linie. So konnte die A. carotis communis von der benachbarten V. jugularis externa und der V. jugularis interna unterschieden werden.

Die Farbdopplermessungen wurden im Gefäßlängsschnitt vorgenommen (Abb. 1). Insgesamt konnten sie bei 13 von 30 gesunden Tieren an der A. carotis communis durchgeführt werden. Innerhalb eines Herzzyklus konnte die Strompuls-kurve in zwei Phasen unterteilt werden (Abb. 2). Die systolische Phase bildete in der dopplersonographischen Ableitung eine hohe, schmale Zacke, bestehend aus einem steil ansteigenden anakroten Schenkel mit einem sehr schmalen Geschwindigkeitsspektrum, das sich gegen die Spitze hin etwas verbreiterte, und einem etwas weniger abrupt abfallenden katakroten Schenkel, dessen Spektrum breiter erschien. Die diastolische Phase schloss sich unmittelbar an die systolische an und glich in der Strompuls-kurve einem asymmetrischen Hügel, bestehend aus einem steil ansteigenden Anfangsteil, einer vergleichsweise schmalen Kuppe und einem

flach abfallenden Schlussteil. Das diastolische Geschwindigkeitsspektrum war deutlich breiter als das systolische.

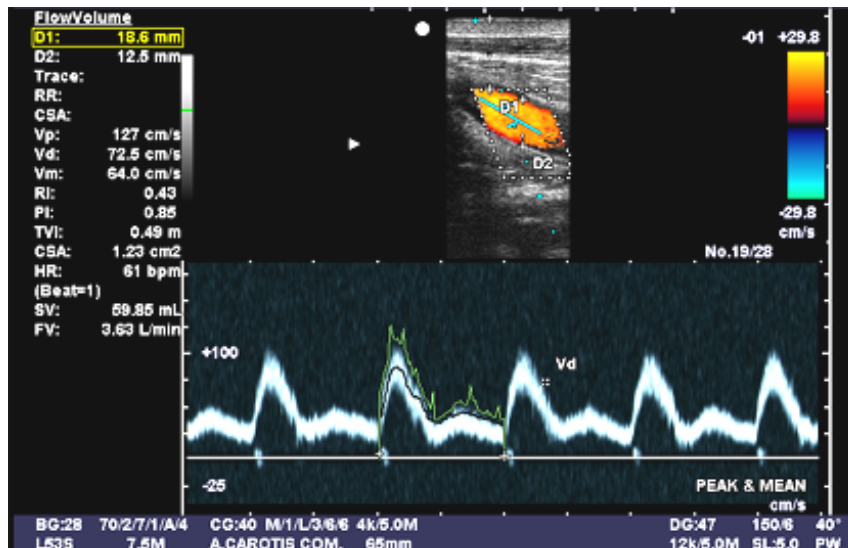


Abb. 1: Farbdopplersonographisches Bild der A. carotis communis bei einer 5.5 Jahre alten Braunviehkuh (Nr. 11) vor der Sedation. Oben ist das Gefäß im Längsschnitt mit überlagertem Farbfenster zu sehen. Unten ist die dazugehörige Spektralkurve dargestellt. Links im Bild sind die vom Ultraschallgerät errechneten Parameter aufgeführt.

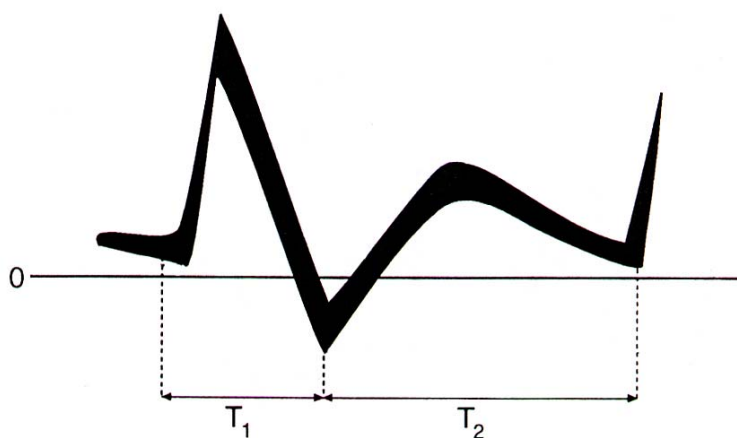


Abb. 2: Schematische Darstellung der Strompulscurve der A. carotis communis, T_1 = Systolendauer, T_2 = Diastolendauer (FÖHN, 1992)

6.1.2.2. Blutflussparameter in der A. carotis communis

Die Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche betrug vor Xylazingabe im Mittel 1.46 ± 0.4 cm und danach 1.65 ± 0.5 cm (Differenz $P > 0.05$). Vor der Sedation betrug der Durchmesser der A. carotis communis 1.10 ± 0.1 cm und danach 1.18 ± 0.2 cm ($P > 0.05$) (Tab. 1). In der A. carotis communis wurde vor der Verabreichung von Xylazin eine Herzfrequenz von 66.2 ± 9.0 Schlägen pro Minute gemessen und nach der Sedation eine solche von 57.8 ± 8.5 ($P < 0.05$). Die maximale systolische, die maximale diastolische und die mittlere Flussgeschwindigkeit betrugen vor der Sedation 114.07 ± 32.4 cm/s, 25.72 ± 19.1 cm/s und 53.81 ± 17.5 cm/s. Danach verringerten sie sich auf 85.06 ± 22.9 cm/s, 13.33 ± 9.9 cm/s bzw. 35.95 ± 11.9 cm/s ($P < 0.05$). Der Resistenzindex stieg von 0.79 ± 0.2 vor Xylazingabe auf 0.85 ± 0.8 ($P > 0.05$), der Pulsatilitätsindex erhöhte sich von 1.72 ± 0.5 auf 2.07 ± 0.4 ($P > 0.05$). In vielen Fällen musste die Spektralkurve der A. carotis communis von Hand ausgemessen werden, was dazu führte, dass gewisse Parameter vom Gerät nicht errechnet wurden.

Tab. 1: Übersicht über die bei 13 gesunden Kühen an der A. carotis communis sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermess- punktes von der Hautober- fläche (cm)	1.46 ± 0.4	1.65 ± 0.5	1.0 - 2.0	0.9 - 2.6
Gefäßdurchmesser (cm)	1.10 ± 0.1	1.18 ± 0.2	0.9 - 1.3	1.0 - 1.4
Maximale systolische Fluss- geschwindigkeit (cm/s)	114.07 ± 32.4	$85.06 \pm 22.9^*$	78.9 - 170.8	64.4 - 127.6
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)	25.72 ± 19.1	$13.33 \pm 9.9^*$	6.3 - 46.9	2.6 - 31.5
Mittlere Flussgeschwindig- keit (cm/s)	53.81 ± 17.5	$35.95 \pm 11.9^*$	37.6 - 77.2	24.7 - 58.5
Resistenzindex	0.79 ± 0.2	0.85 ± 0.8	0.6 - 0.9	0.8 - 1.0
Pulsatilitätsindex	1.72 ± 0.5	2.07 ± 0.4	1.0 - 2.3	1.6 - 2.6
Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)	0.42 ± 0.1	0.32 ± 0.2	0.3 - 0.5	-
Querschnittfläche (cm ²)	0.97 ± 0.2	1.15 ± 0.3	0.7 - 1.2	0.7 - 1.6
Herzfrequenz (pro Minute)	66.2 ± 9.0	$57.8 \pm 8.5^*$	56 - 78.2	48.6 - 68.6
Schlagvolumen (ml)	38.38 ± 13.4	27.72 ± 6.2	23.5 - 59.9	-
Flussvolumen (l/min)	2.52 ± 7.5	1.65 ± 0.3	1.7 - 3.6	-

\bar{X} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Differenz zwischen Messwert vor und nach der Sedation (t-Test): * = $P < 0.05$

6.1.3. A. uterina

6.1.3.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der A. uterina

Bei 28 Kühen konnten die sonographischen Untersuchungen an der A. uterina durchgeführt werden. Die A. uterina war durch die Pulsation des farbig dargestellten Blutflusses von der V. uterina klar abgrenzbar (Abb. 3 und 4).

6.1.3.2. Blutflussparameter in der A. uterina

Die Flussparameter wurden in der A. uterina vor der Sedation am Messpunkt mit 0.69 ± 0.2 cm und nach der Sedation am Messpunkt mit 0.63 ± 0.3 cm Abstand von der Oberfläche der Rektumschleimhaut gemessen ($P > 0.05$) (Tab. 2). Der Gefässdurchmesser wies vor Xylazingabe einen Wert von 0.66 ± 0.1 cm und danach einen Wert von 0.64 ± 0.1 cm auf ($P > 0.05$). Für alle Flussgeschwindigkeiten, den Pulsatilitätsindex und die Herzfrequenz bestanden signifikante Unterschiede vor und nach Sedation ($P < 0.05$). Die systolische und die enddiastolische Flussgeschwindigkeit reduzierten sich von 82.32 ± 20.2 cm/s auf 70.80 ± 16.1 cm/s bzw. von 9.90 ± 5.3 cm/s auf 6.08 ± 3.8 cm/s. Die durchschnittliche mittlere Flussgeschwindigkeit nahm von 32.08 ± 7.7 cm/s auf 22.87 ± 6.0 cm/s ab. Der Resistenzindex veränderte sich von 0.89 ± 0.1 auf 0.94 ± 0.1 und der Pulsatilitätsindex nahm von 2.33 ± 0.5 auf 3.00 ± 0.7 zu. Die Herzfrequenz betrug vor der Sedation 73.9 ± 10.2 Schläge pro Minute und nach der Sedation 58.6 ± 9.1 .

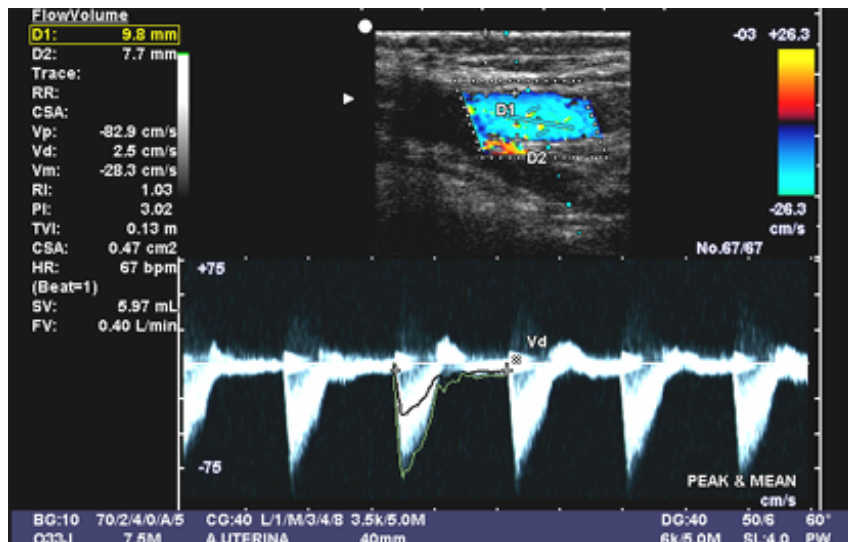


Abb. 3: Farbdopplersonographisches Bild der A. uterina bei einer 5.5 Jahre alten Braunviehkuh (Nr. 11) vor der Sedation. Oben ist das Gefäß im Längsschnitt mit überlagertem Farbfenster zu sehen. Unten ist die dazugehörige Spektralkurve dargestellt. Links im Bild sind die vom Ultraschallgerät errechneten Parameter aufgeführt.

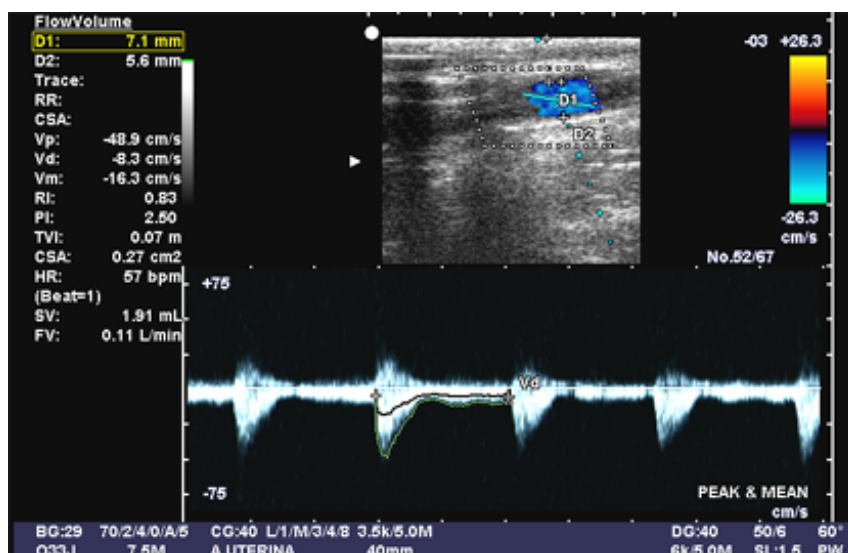


Abb. 4: Befund nach Sedation: Deutliche Abnahme der Amplituden infolge Abnahme der Flussgeschwindigkeit. Grössere Abstände der Ausschläge infolge Reduktion der Herzfrequenz.

Tab. 2: Übersicht über die bei 28 gesunden Kühen an der A. uterina sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermess- punktes von der Hautober- fläche (cm)	0.69 ± 0.2	0.63 ± 0.3	0.4 - 1.0	0.4 - 0.9
Gefäßdurchmesser (cm)	0.66 ± 0.1	0.64 ± 0.1	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8
Maximale systolische Fluss- geschwindigkeit (cm/s)	82.32 ± 20.2	$70.80 \pm 16.1^*$	56 - 104	53.5 - 94.7
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)	9.90 ± 5.3	$6.08 \pm 3.8^*$	2.1 - 17.8	11.6 - 29.7
Mittlere Flussgeschwindig- keit (cm/s)	32.08 ± 7.7	$22.87 \pm 6.0^*$	22 - 42.1	16.6 - 31
Resistenzindex	0.89 ± 0.1	0.94 ± 0.1	0.8 - 1.0	0.8 - 1.1
Pulsatilitätsindex	2.33 ± 0.5	$3.00 \pm 0.7^*$	1.8 - 3.0	2.3 - 3.9
Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)	0.13 ± 0.0	0.12 ± 0.0	0.1 - 0.2	0.1 - 0.2
Querschnittfläche (cm ²)	0.34 ± 0.1	0.34 ± 0.1	0.1 - 0.5	0.2 - 0.5
Herzfrequenz (pro Minute)	73.9 ± 10.2	$58.6 \pm 9.1^*$	61.5 - 87.5	48 - 70
Schlagvolumen (ml)	4.50 ± 2.7	3.96 ± 2.0	1.8 - 7.0	1.8 - 7.1
Flussvolumen (l/min)	0.32 ± 0.2	0.23 ± 0.1	0.1 - 0.5	0.1 - 0.4

\bar{X} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Differenz zwischen Messwert vor und nach der Sedation (t-Test): * = $P < 0.05$

6.1.4. V. jugularis externa

6.1.4.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. jugularis externa

Die V. jugularis externa konnte bei allen 30 gesunden Kühen dargestellt werden und erschien im Ultraschallbild im oberen Drittel des Halses als direkt unter der Haut gelegene Struktur (Abb. 5). Bei fünf von 30 Kühen waren in der V. jugularis externa die echoreichen, flottierenden Venenklappen zu sehen. Die Spektralkurven zeigten sich vor der Sedation als breite Bandenstruktur, deren Ausdehnung nach der Sedation deutlich abnahm. Sie wiesen einen wellenartigen Verlauf auf, der sich zum Teil im sedierten Zustand der Kuh noch ausgeprägter äusserte. Oft traten nach der Sedation auch scharfe Zacken mit steil ansteigenden und abfallenden Schenkeln auf.

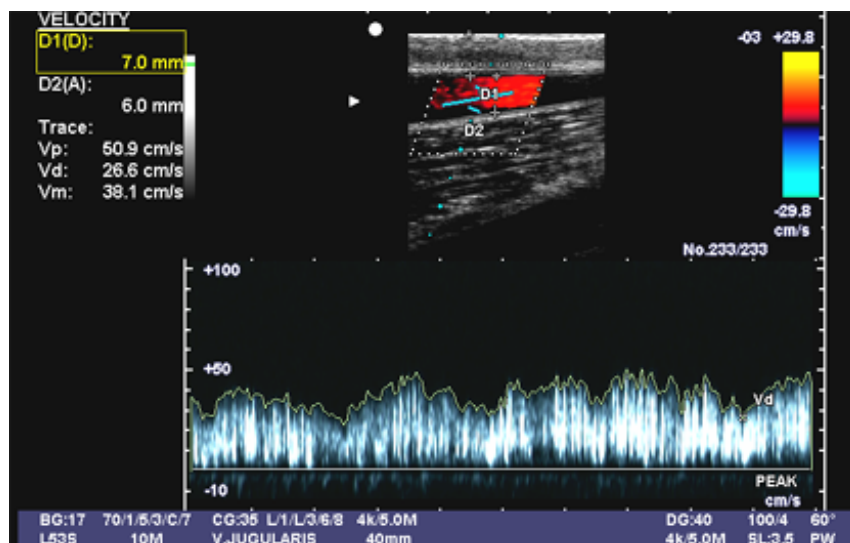


Abb. 5: Farbdopplersonographisches Bild der V. jugularis externa bei einer 5 Jahre alten Braunviehkuh (Nr. 30) vor der Sedation. Oben ist das Gefäß im Längsschnitt mit überlagertem Farbfenster zu sehen. Unten ist die dazugehörige Spektralkurve dargestellt. Links im Bild sind die vom Ultraschallgerät errechneten Parameter aufgeführt.

6.1.4.2. Blutflussparameter in der V. jugularis externa

Die Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche betrug vor Xylazingabe im Mittel 0.77 ± 0.1 cm und danach 0.76 ± 0.1 cm ($P > 0.05$). Die mittlere Flussgeschwindigkeit und die minimale Flussgeschwindigkeit, die vor der Sedation noch 34.85 ± 10.4 cm/s bzw. 20.43 ± 12.1 cm/s betragen hatten, nahmen nach Xylazingabe auf 26.15 ± 8.6 cm/s bzw. 12.87 ± 9.4 cm/s signifikant ab ($P < 0.05$) (Tab. 3). Die maximale Flussgeschwindigkeit nahm von 55.17 ± 21.9 cm/s vor Xylazingabe auf 60.15 ± 22.9 cm/s zu ($P > 0.05$). Der Gefässdurchmesser erhöhte sich von 0.71 ± 0.2 cm auf 0.77 ± 0.3 cm nach der Sedation ($P > 0.05$).

6.1.5. V. musculophrenica

6.1.5.1. Blutflussparameter in der V. musculophrenica

Die V. musculophrenica liess sich bei 29 der 30 gesunden Tiere darstellen. Die Messungen wurden vor der Sedation an einem Punkt mit Abstand von der Hautoberfläche von 2.05 ± 0.5 cm bzw. nach der Sedation von 2.01 ± 0.5 cm vorgenommen ($P > 0.05$) (Tab. 4). Der Gefässdurchmesser und die Flussgeschwindigkeiten veränderten sich nach der Sedation nicht signifikant. Der Gefässdurchmesser nahm leicht zu, von 0.73 ± 0.2 cm auf 0.79 ± 0.2 cm ($P > 0.05$). Die Flussgeschwindigkeiten nahmen leicht ab. So betrug die maximale Flussgeschwindigkeit vor der Sedation 90.17 ± 38.6 cm/s und nach der Sedation 81.30 ± 30.0 cm/s. Die mittlere Flussgeschwindigkeit sank von 60.42 ± 22.3 cm/s auf 49.86 ± 19.4 cm/s und die minimale von 41.39 ± 24.2 cm/s auf 31.09 ± 23.2 cm/s (alle Differenzen $P > 0.05$).

Tab. 3: Übersicht über die bei 30 gesunden Kühen an der V. jugularis externa sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.77 ± 0.1	0.76 ± 0.1	0.6 - 1.0	0.6 - 0.9
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	0.71 ± 0.2	0.77 ± 0.3	0.5 - 0.9	0.5 - 1.2
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	55.17 ± 21.9	60.15 ± 22.9	27.7 - 89.7	32.8 - 92.2
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	20.43 ± 12.1	$12.87 \pm 9.4^*$	5.4 - 38.8	3.1 - 26.9
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	34.85 ± 10.4	$26.15 \pm 8.6^*$	21.3 - 48.6	15.3 - 35.8

30

Tab. 4: Übersicht über die bei 29 gesunden Kühen an der V. musculophrenica sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	2.05 ± 0.5	2.01 ± 0.5	1.5 - 2.7	1.3 - 2.5
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	0.73 ± 0.2	0.79 ± 0.2	0.5 - 1.1	0.4 - 1.2
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	90.17 ± 38.6	81.30 ± 30.0	48.2 - 138	48.0 - 129.2
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	41.39 ± 24.2	31.09 ± 23.2	13.8 - 83.0	8.7 - 51.2
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	60.42 ± 22.3	49.86 ± 19.4	29.3 - 87.9	26.9 - 78.8

\bar{X} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Differenz zwischen Messwert vor und nach der Sedation (t-Test): * = $P < 0.05$

6.1.6. V. subcutanea abdominis

6.1.6.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. subcutanea abdominis

Die V. subcutanea abdominis konnte bei 29 von 30 Tieren dargestellt werden (Abb. 6). Von diesem Gefäß wurden im Vergleich zu den anderen Venen die besten Farbdopplerbilder erhalten. Bei 12 von 29 Kühen waren in der V. subcutanea abdominis die Venenklappen zu sehen.

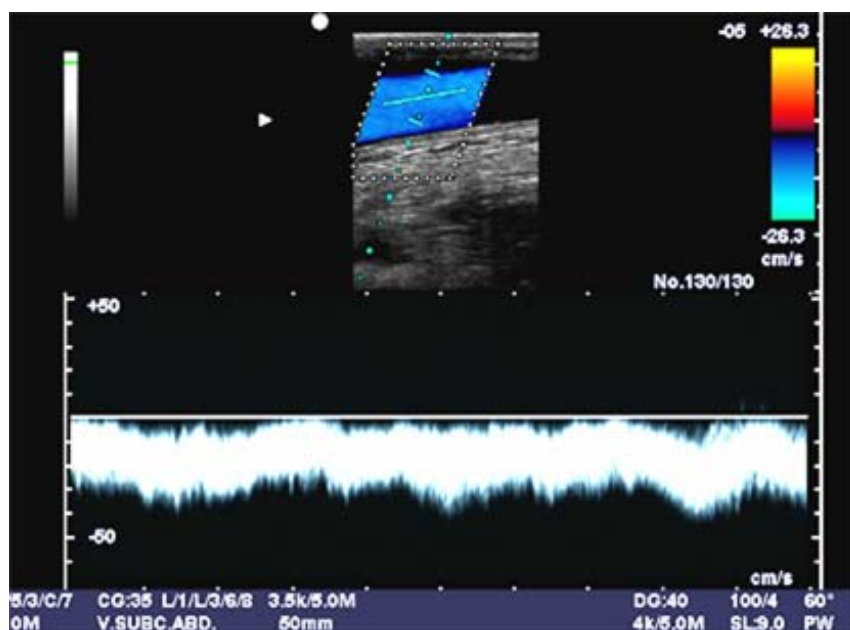


Abb. 6: Farbdopplersonographisches Bild der V. subcutanea abdominis bei einer 7 Jahre alten Braunviehkuh (Nr. 1) vor der Sedation. Oben ist das Gefäß im Längsschnitt mit überlagertem Farbfenster zu sehen. Unten ist die dazugehörige Spektralkurve dargestellt.

6.1.6.2. Blutflussparameter in der V. subcutanea abdominis

Für sämtliche Parameter bestanden keine signifikanten Unterschiede vor und nach Sedation ($P > 0.05$). Die Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche

betrug vor und nach der Sedation 0.54 ± 0.1 cm. Die Vene wies vor der Xylazingabe einen Durchmesser von 1.28 ± 0.3 cm auf, der sich nach der Sedation geringgradig auf 1.32 ± 0.3 cm erhöhte (Tab. 5). Die maximale Flussgeschwindigkeit stieg leicht an, von 45.40 ± 12.5 cm/s auf 50.38 ± 12.5 cm/s. Die mittlere wie auch die minimale Flussgeschwindigkeit nahmen leicht ab, von 25.79 ± 11.6 cm/s auf 21.14 ± 11.3 cm/s bzw. von 33.45 ± 9.5 cm/s auf 32.43 ± 9.9 cm/s.

6.1.7. V. uterina

6.1.7.1. Farbdopplersonographisches Erscheinungsbild der V. uterina

Die V. uterina liess sich vor der Sedation bei 29 Kühen erfassen. Nach der Sedation konnte sie nur noch in 25 Fällen aufgefunden werden (Abb. 7).

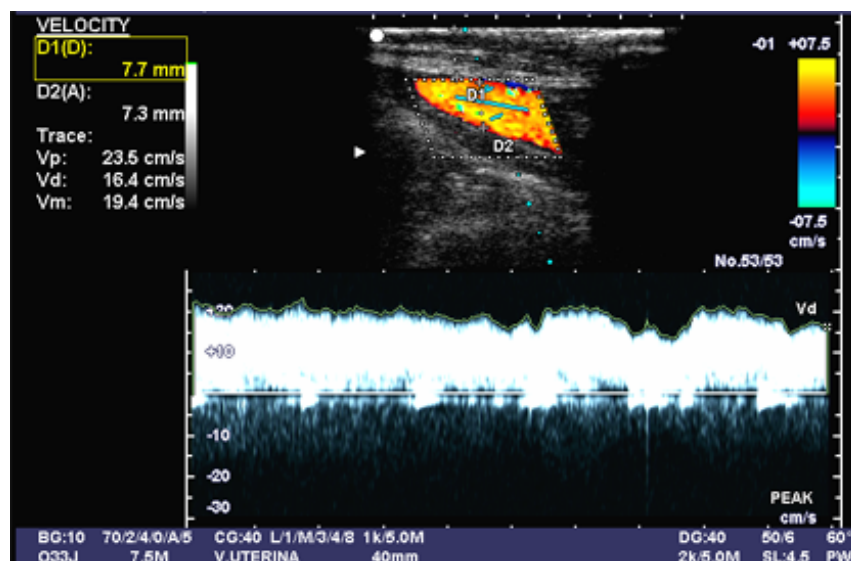


Abb. 7: Farbdopplersonographisches Bild der V. uterina bei einer 5.5 Jahre alten Braunviehkuh (Nr. 11) vor der Sedation. Oben ist das Gefäß im Längsschnitt mit überlagertem Farbfenster zu sehen. Unten ist die dazugehörige Spektraleurve dargestellt. Links im Bild sind die vom Ultraschallgerät errechneten Parameter aufgeführt.

6.1.7.2. Blutflussparameter in der V. uterina

Der Messpunkt lag vor der Sedation durchschnittlich 1.08 ± 0.3 cm und danach 1.03 ± 0.3 cm von der Oberfläche der Rektumschleimhaut entfernt ($P > 0.05$) (Tab. 6). Die Flussgeschwindigkeiten wiesen keine signifikanten Differenzen auf ($P > 0.05$). Die maximale Flussgeschwindigkeit verringerte sich nach der Applikation von Xylazin von 21.83 ± 8.7 cm/s auf 20.62 ± 7.7 cm/s. Die mittlere Flussgeschwindigkeit reduzierte sich von 14.29 ± 7.3 cm/s auf 13.61 ± 5.6 cm/s. Die minimale Flussgeschwindigkeit nahm von 9.54 ± 4.1 cm/s auf 10.36 ± 5.1 cm/s zu. Der Gefässdurchmesser nahm von 0.77 ± 0.2 cm auf 0.59 ± 0.2 cm ab. Nach der Xylazingabe war der Durchmesser signifikant kleiner als vor der Sedation ($P < 0.05$).

Tab. 5: Übersicht über die bei 29 gesunden Kühen an der V. subcutanea abdominis sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.54 ± 0.1	0.54 ± 0.1	0.4 - 0.8	0.4 - 0.8
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	1.28 ± 0.3	1.32 ± 0.3	0.8 - 1.6	0.9 - 1.7
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	45.40 ± 12.5	50.38 ± 12.5	28.5 - 62.2	33.9 - 67.0
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	25.79 ± 11.6	21.14 ± 11.3	10.4 - 41.3	8.1 - 37.7
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	33.45 ± 9.5	32.43 ± 9.9	21.0 - 47.8	19.3 - 45.2

34

Tab. 6: Übersicht über die bei 29 gesunden Kühen an der V. uterina sonographisch erhobenen Parameter

Parameter	$\bar{X} \pm s$ vor der Sedation	$\bar{X} \pm s$ nach der Sedation	Variationsbreite vor der Sedation	Variationsbreite nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	1.08 ± 0.3	1.03 ± 0.3	0.7 - 15.2	0.7 - 1.4
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	0.77 ± 0.2	$0.59 \pm 0.2^*$	0.5 - 1.1	0.4 - 0.9
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	21.83 ± 8.7	20.62 ± 7.7	13.3 - 31.6	11.6 - 29.7
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	9.54 ± 4.1	10.36 ± 5.1	4.8 - 14.9	4.5 - 17.8
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	14.29 ± 7.3	13.61 ± 5.6	7.8 - 20.4	7.5 - 20.8

\bar{X} = Mittelwert, s = Standardabweichung

Differenz zwischen Messwert vor und nach der Sedation (t-Test): * = $P < 0.05$

6.1.8. Korrelationen zwischen den Flussparametern der Arterien

A. carotis communis

Für das Erstellen der Korrelationen zwischen Parametern der A. carotis communis wurden diejenigen Tiere berücksichtigt, bei denen die gesamte Anzahl der Parameter bestimmt werden konnte (Tab. 7). Vor der Sedation handelte es sich um 5 Tiere, welche in die Korrelationsbestimmungen miteinbezogen werden konnten. Nach der Sedation waren es nur noch drei Tiere, bei welchen alle Werte gemessen werden konnten. Dies stellt eine zu geringe Anzahl dar, um Korrelationen zu berechnen. Der Grund für die geringe Anzahl liegt darin, dass in vielen Fällen die Spektralkurve der A. carotis communis von Hand ausgemessen werden musste, was dazu führte, dass einige Parameter vom Ultraschallgerät nicht errechnet wurden. Zudem konnten wegen unruhigen Verhaltens einiger Tiere die Farbdopplermessungen nur bei 13 von 30 gesunden Kühen durchgeführt werden. Es bestand eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Durchmesser und der maximalen systolischen Geschwindigkeit ($r = -0.96$, $P < 0.05$). Das heisst, je kleiner der Arterien Durchmesser war, desto grösser war die maximale systolische Geschwindigkeit. Die maximale enddiastolische Geschwindigkeit korrelierte negativ mit dem Resistenzindex ($r = -0.97$, $P > 0.05$) und dieser wiederum negativ mit dem Schlagvolumen ($r = -0.89$, $P < 0.05$).

Tab. 7: Korrelationen zwischen den Parametern der A. carotis communis vor der Sedation (n=5)

	D1											
D2	0.13	D2										
V _p	0.04	-0.96*	V _p									
V _d	0.67	0.45	-0.35	V _d								
V _m	-0.21	-0.69	0.68	0.04	V _m							
RI	-0.60	-0.66	0.57	-0.97	0.17	RI						
PI	-0.18	-0.37	0.31	-0.82*	-0.38	0.79	PI					
TVI	0.45	-0.31	0.20	0.44	0.25	-0.31	-0.19	TVI				
CSA	0.14	0.98*	-0.95*	0.56	-0.57	-0.75	-0.51	-0.21	CSA			
HR	-0.42	-0.12	0.23	-0.69	-0.07	0.63	0.47	-0.89*	-0.24	HR		
SV	0.55	0.63	-0.66	0.82	-0.37	-0.89*	-0.54	0.53	0.71	-0.82	SV	
FV	0.50	0.72	-0.75	0.78	-0.47	-0.88	-0.50	0.43	0.78	-0.75	0.99*	

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)

D2 = Gefäßdurchmesser (cm)

V_p = Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_d = Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)

RI = Resistenzindex

PI = Pulsatilitätsindex

TVI = Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)

CSA = Querschnittfläche (cm²)

HR = Herzfrequenz (pro Minute)

SV = Schlagvolumen (ml)

FV = Flussvolumen (l/min)

A. uterina

Signifikante Korrelationen zeigten sich sowohl vor (Tab. 8) als auch nach der Sedation (Tab. 9) zwischen dem Durchmesser und mehreren Parametern wie der Querschnittfläche ($r = 0.97$, $P < 0.05$), dem Schlagvolumen ($r = 0.81$, $P < 0.05$) und dem Flussvolumen ($r = 0.82$, $P < 0.05$). Im Weiteren bestanden signifikante Korrelationen zwischen einzelnen vor und nach Sedation bestimmten Parametern (Durchmesser, Querschnittfläche, Herzfrequenz, Schlagvolumen und Flussvolumen) (Tab. 10).

Tab. 8: Korrelationen zwischen den Parametern der A. uterina vor der Sedation (n=27)

	D1											
D2	0.42*	D2										
V _p	0.27	0.27	V _p									
V _d	0.09	0.27	0.20	V _d								
V _m	0.23	0.18	0.73*	0.53*	V _m							
RI	0.10	-0.23	-0.02	-0.90*	-0.35	RI						
PI	0.18	-0.01	0.32	-0.68*	-0.34	0.76*	PI					
TVI	0.49	0.44*	0.62*	0.45*	0.62*	-0.28	-0.07	TVI				
CSA	0.47	0.97*	0.25	0.30	0.13	-0.24	0.00	0.44*	CSA			
HR	-0.01	-0.07	0.17	0.10	0.46*	-0.07	-0.26	-0.23	-0.14	HR		
SV	0.63	0.81*	0.42*	0.45*	0.37	-0.29	-0.06	0.81*	0.85*	-0.24	SV	
FV	0.63	0.82*	0.46*	0.46*	0.46*	-0.30	-0.10	0.77*	0.85*	-0.03	0.97	

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)

D2 = Gefäßdurchmesser (cm)

V_p = Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_d = Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)

RI = Resistenzindex

PI = Pulsatilitätsindex

TVI = Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)

CSA = Querschnittfläche (cm²)

HR = Herzfrequenz (pro Minute)

SV = Schlagvolumen (ml)

FV = Flussvolumen (l/min)

Tab. 9: Korrelationen zwischen den Parametern der A. uterina nach der Sedation (n=27)

	D1											
D2	0.39*	D2										
V _p	-0.14	0.07	V _p									
V _d	0.22	-0.18	-0.17	V _d								
V _m	0.10	-0.28	0.61*	0.30	V _m							
RI	-0.25	0.02	0.34	-0.83*	-0.06	RI						
PI	-0.30	0.31	0.47*	-0.67*	-0.34	0.73*	PI					
TVI	0.56*	0.33	0.52*	0.05	0.53*	0.02	0.01	TVI				
CSA	0.44*	0.95*	-0.00	-0.14	-0.29	-0.05	0.24	0.36	CSA			
HR	0.10	-0.34	0.11	0.15	0.50*	-0.13	-0.43*	-0.08	-0.34	HR		
SV	0.63*	0.82*	0.25	-0.09	0.03	-0.01	0.20	0.76*	0.86*	-0.27	SV	
FV	0.74*	0.72*	0.27	-0.05	0.15	-0.03	0.08	0.77*	0.78*	0.00	0.95*	

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)

D2 = Gefässdurchmesser (cm)

V_p = Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_d = Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)

RI = Resistenzindex

PI = Pulsatilitätsindex

TVI = Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)

CSA = Querschnittfläche (cm²)

HR = Herzfrequenz (pro Minute)

SV = Schlagvolumen (ml)

FV = Flussvolumen (l/min)

Tab. 10: Korrelationen zwischen den vor und nach der Sedation bestimmten Flussparametern der A. uterina (n = 27)

Flussparameter der A. uterina	Korrelationskoeffizient r
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)	0.28
Gefässdurchmesser (cm)	0.55*
Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.18
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.05
Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.30
Resistenzindex	0.17
Pulsatilitätsindex	0.28
Zeitgeschwindigkeitsintegral (m)	0.18
Querschnittfläche (cm ²)	0.61*
Herzfrequenz (pro Minute)	0.67*
Schlagvolumen (ml)	0.44*
Flussvolumen (l/min)	0.41*

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

6.1.9. Korrelationen zwischen Flussparametern der Venen

Da sich für die verschiedenen Venen ähnliche Korrelationen zwischen den erhobenen Werten ergaben, sollen diese hier kurz zusammenfassend beschrieben werden (Tab. 11, 12, 13, 14 und 15). Die Geschwindigkeiten korrelierten negativ mit dem Gefässdurchmesser. Dies bedeutet, dass bei grösseren Durchmessern geringere Flussgeschwindigkeiten auftraten. Der Vergleich der Geschwindigkeiten vor und nach Sedation ergab positive Werte, die teilweise signifikant waren. Die höchsten Korrelationskoeffizienten wurden für die mittleren Flussgeschwindigkeiten und die Gefässdurchmesser ermittelt. Das heisst, je höher die mittlere Flussgeschwindigkeit vor der Sedation war, desto höher war sie auch nach der Sedation bzw. je grösser der Venendurchmesser vor der Sedation war, desto grösser war er auch danach.

Tab. 11: Korrelationen zwischen den Parametern der V. jugularis externa (n = 30)

	Vor der Sedation					Nach der Sedation			
	D1					D1			
D2	-0.17	D2			D2	-0.29	D2		
V _p	-0.17	-0.14	V _p		V _p	-0.38*	0.31	V _p	
V _d	-0.21	-0.43*	0.40	V _d	V _d	-0.16	-0.30	0.05	V _d
V _m	-0.15	-0.30	0.78	0.56*	V _m	-0.26	-0.10	0.56*	0.54*

Tab. 12: Korrelationen zwischen den Parametern der V. musculophrenica (n = 29)

	Vor der Sedation					Nach der Sedation			
	D1					D1			
D2	0.58*	D2			D2	0.32	D2		
V _p	-0.37*	-0.55*	V _p		V _p	-0.39*	-0.45*	V _p	
V _d	-0.04	-0.36	0.63*	V _d	V _d	-0.16	-0.27	0.52*	V _d
V _m	-0.35	-0.53*	0.90*	0.73*	V _m	-0.35	-0.35	0.89*	0.68*

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)

D2 = Gefäßdurchmesser (cm)

V_p = Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_d = Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)

Tab. 13: Korrelationen zwischen den Parametern der V. subcutanea abdominis (n = 29)

	Vor der Sedation					Nach der Sedation			
	D1					D1			
D2	0.17	D2			D2	0.08	D2		
V _p	0.18	0.06	V _p		V _p	0.07	0.02	V _p	
V _d	0.30	-0.05	0.69*	V _d	V _d	0.07	-0.07	0.50*	V _d
V _m	0.13	-0.08	0.94*	0.75*	V _m	0.25	-0.03	0.79*	0.72*

Tab. 14: Korrelationen zwischen den Parametern der V. uterina (n = 25)

	Vor der Sedation					Nach der Sedation			
	D1					D1			
D2	0.21	D2			D2	0.52*	D2		
V _p	0.25	-0.26	V _p		V _p	-0.29	-0.47*	V _p	
V _d	-0.25	-0.27	0.06	V _d	V _d	-0.35	-0.40	0.66*	V _d
V _m	0.05	-0.37*	0.90*	0.28	V _m	-0.19	-0.42*	0.95*	0.73*

* = P < 0.05, n = Anzahl untersuchter Kühe

D1 = Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)

D2 = Gefäßdurchmesser (cm)

V_p = Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_d = Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)

V_m = Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)

Tab. 15: Korrelationen zwischen den vor und nach der Sedation erhobenen Flussparametern der Venen

Flussparameter der V. jugularis externa (n=30)	Korrelationskoeffizient r
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)	0.77*
Gefäßsdurchmesser (cm)	-0.04
Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	-0.30
Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	-0.27
Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)	-0.38*

Flussparameter der V. musculophrenica (n=29)	Korrelationskoeffizient r
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)	0.61*
Gefäßsdurchmesser (cm)	0.87*
Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.69*
Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.28
Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.45*

Flussparameter der V. subcutanea abdominis (n=29)	Korrelationskoeffizient r
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)	0.90*
Gefäßsdurchmesser (cm)	0.87*
Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.69*
Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.10
Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.86*

Flussparameter der V. uterina (n=25)	Korrelationskoeffizient r
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (cm)	0.18
Gefäßsdurchmesser (cm)	0.26
Maximale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.29
Minimale Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.05
Mittlere Flussgeschwindigkeit (cm/s)	0.27

* = $P < 0.05$, n = Anzahl untersuchter Kühe

6.2. Fallvorstellungen (Untersuchungen bei 5 kranken Kühen, Gruppe 2)

6.2.1. Pericarditis traumatica

Fall 1

Eine 3.5-jährige Kuh der Holstein Friesian Rasse zeigte seit kurzem Inappetenz und reduzierte Milchleistung. Sie wurde daraufhin vom Privattierarzt mit einem Magnet und Antibiotika behandelt, worauf eine Besserung eintrat. Der Allgemeinzustand des Tieres verschlechterte sich aber plötzlich wieder und die Kuh wurde zur Abklärung ans Tierspital überwiesen. Bei der klinischen Untersuchung fielen ein Kehlgangs-, Tril- und Voreuterödem, beidseits gestaute Jugularvenen, eine in der Intensität gedämpfte Herzfrequenz von 120 Schlägen pro Minute und eine Temperatur von 39.7 °C auf. Mittels der Ultraschalluntersuchung konnten ein Thoraxerguss, ein Aszites und eine gestaute V. cava caudalis festgestellt werden. Zudem waren am Herzen Fibrinzotten auf dem Epikard und Flüssigkeit im Perikard sichtbar. Auf dem Röntgenbild war in der Haube ein Magnet mit mehreren anhaftenden Fremdkörpern zu sehen, wobei einer davon in der Haubenwand steckend war. Aufgrund dieser Befunde wurde die Diagnose Pericarditis traumatica gestellt. Die farbdopplersonographische Untersuchung der A. carotis communis ergab folgende Befunde (Tab. 16): Der Gefässdurchmesser betrug nur 0.8 cm (normal 0.9 - 1.3 cm). Die Flussgeschwindigkeiten und der Resistenzindex lagen im Normalbereich, der Persistenzindex war mit 2.5 erhöht (normal 1.0 - 2.3). Die Flussgeschwindigkeiten der übrigen Gefäße waren ausser in den Beckengefäßen generell herabgesetzt. In der V. jugularis betrug die mittlere Flussgeschwindigkeit 10.3 cm/s (normal 21.3 - 48.6 cm/s) und die minimale 0.6 cm/s (normal 5.4 - 38.8 cm/s). Die Messungen der Flussgeschwindigkeiten in der V. musculophrenica ergaben 8.3 cm/s für die maximale (normal 48.2 - 138 cm/s), 6.0 cm/s für die mittlere (normal 29.3 - 87.9 cm/s) und 0.0 cm/s für die minimale (normal 13.8 - 83.0 cm/s). Die V. subcutanea abdominis wies eine maximale Flussgeschwindigkeit von 12.8 cm/s (normal 28.5 - 62.2 cm/s), eine mittlere von 6.0 cm/s (normal 21.0 - 47.8 cm/s) und eine minimale

von 0.0 cm/s (normal 10.4 - 41.3 cm/s) auf. Unter Xylazinwirkung nahm der Durchmesser der meisten Gefäße zu, und die maximalen Geschwindigkeiten erhöhten sich (mit Ausnahme der A. uterina). Da diese Krankheit eine infauste Prognose hat, wurde die Kuh euthanasiert. Die postmortale Untersuchung bestätigte die Diagnose der Pericarditis traumatica. Das Herz und das Perikard waren mit zottigen, fibrinartigen Belägen überzogen.

Tab. 16: Blutflussparameter bei einer Kuh mit Pericarditis traumatica (Fall 1)

Parameter	A. carotis communis		A. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	3.1	3.7	1.4	1.1
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	0.8	0.9	0.5	0.5
Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	86.8	103	76.3	73.0
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	2.9	1.4	10.0	7.5
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	33.8	44.8	30.8	29.6
Resistenzindex	1.0	1.0	0.9	0.9
Pulsatilitätsindex	2.5	2.3	2.2	2.2
Zeitgeschwindigkeitsintegral (TVI, m)	-	-	0.06	0.07
Querschnittfläche (CSA, cm^2)	0.5	0.6	0.2	0.2
Herzfrequenz (pro Minute)	107	120	125	107
Schlagvolumen (SV, ml)	-	-	1.4	1.1
Flussvolumen (FV, l/min)	-	-	0.2	10.1

Fortsetzung Tabelle 16

Parameter	V. jugularis externa		V. musculophrenica	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	1.0	1.0	2.4	1.6
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	1.2	1.6	4.0	1.6
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	28.3	95.0	8.3	14.9
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	0.6	2.8	0.7	0.0
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	10.3	7.7	3.7	6.0

Parameter	V. subcutanea abdominis		V. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.5	0.5	1.6	1.2
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	1.6	1.9	0.8	0.8
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	12.8	17.3	19.5	29.7
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	0.0	5.9	10.5	5.9
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	6.0	6.7	12.1	11.7

Fall 2

Eine 7-jährige, 7 Monate trächtige Red Holsteinkuh wurde wegen rezidivierenden Fiebers an die Klinik eingewiesen. Bei der Untersuchung des Herzkreislaufapparates konnten ein leichtgradiges Kehlgangs- und Trielödem, leicht gestaute Jugularvenen, eine in der Intensität reduzierte Herzfrequenz von 108 Schlägen pro Minute und eine kapilläre Füllungszeit von über 2 Sekunden festgestellt werden.

Die sonographische Untersuchung ergab das Vorliegen eines Thorax- und Perikardergusses, Fibrinauflagerungen auf dem Perikard, einen Aszites und eine gestaute Leber. Auf dem Röntgenbild der Haube waren zwei steckende Fremdkörper zu sehen. Dies führte zur Diagnose Pericarditis traumatica. Bei der anschließenden Farbdoppleruntersuchung wurde mit 23.3 cm/s (normal 37.6 - 77.2 cm/s) eine erniedrigte mittlere Flussgeschwindigkeit in der A. carotis communis festgestellt (Tab. 17). Die maximale Flussgeschwindigkeit in diesem Gefäss war mit 50.6 cm/s (normal 78.9 - 170.8 cm/s) ebenfalls stark herabgesetzt. Die V. musculophrenica wies einen vergrösserten Durchmesser von 1.3 cm (normal 0.5 - 1.1 cm) und erniedrigte Flussgeschwindigkeiten auf. Die maximale Flussgeschwindigkeit betrug 18.3 cm/s (normal 48.2 - 138 cm/s), die mittlere 7.3 cm/s (29.3 - 87.9 cm/s) und die minimale 5.2 cm/s (13.8 - 83.0 cm/s). Nach der Sedation stieg die mittlere Flussgeschwindigkeit in allen Gefässen ausser der A. carotis communis an, wo sie mit 23.1 cm/s ungefähr gleich blieb. Aufgrund der infausten Prognose wurde die Kuh geschlachtet. Bei der Sektion des Tieres konnte eine Perikarditis mit hochgradigem Perikarderguss (Panzerherz) festgestellt werden.

Tab. 17: Blutflussparameter bei einer Kuh mit Pericarditis traumatica (Fall 2)

Parameter	A. carotis communis		A. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	1.6	1.7	0.7	1.0
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	1.0	1.0	0.6	0.7
Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	50.6	41.9	56.4	92.9
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	7.2	1.4	12.4	4.1
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	23.3	23.1	33.3	40.9
Resistenzindex (RI)	0.9	1.0	0.8	1.0
Pulsatilitätsindex (PI)	1.9	1.8	1.3	2.4
Zeitgeschwindigkeitsintegral (TVI, m)	-	-	0.1	0.1
Querschnittfläche (CSA, cm^2)	0.7	0.7	0.3	0.4
Herzfrequenz (pro Minute)	105	125	110	102
Schlagvolumen (SV, ml)	-	-	2.4	4.1
Flussvolumen (FV, l/min)	-	-	0.3	0.4

Fortsetzung Tabelle 17

Parameter	V. jugularis externa		V musculophrenica	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.6	0.7	1.4	1.8
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	1.3	1.0	1.3	1.6
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	39.0	46.4	18.3	29.4
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	8.5	7.9	5.2	7.9
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	15.8	16.6	7.3	13.0

Parameter	V. subcutanea abdominis		V. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.5	0.6	1.5	1.5
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	1.4	1.5	1.0	0.8
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	14.2	22.5	18.4	30.8
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	0.3	0.0	9.9	11.0
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	6.1	8.2	11.4	15.0

6.2.2. Euterhämatom

Eine 4-jährige Holstein Friesiankuh wurde wegen Blutmelkens und Anämie (Hämatokrit 13 %) an die Klinik überwiesen. Die Herzfrequenz betrug 108 Schläge pro Minute und war von pochender Intensität. Die Kuh wies ein traumatisch bedingtes Hämatom am Euterviertel vorne links auf. Die Farbdoppleruntersuchung der V. jugularis externa ergab einen Gefässdurchmesser von 0.3 cm (normal 5.3 - 9.4 cm) und eine mittlere Flussgeschwindigkeit von 68.4 cm/s (normal 21.3 - 48.6 cm/s) (Tab. 18). Die V. musculophrenica wies, verglichen mit den gesunden Tieren (4.8 - 10.9 cm), einen leicht erhöhten Durchmesser von 1.3 cm auf, und die minimale Geschwindigkeit von 4.5 cm/s war erniedrigt (normal 13.8 - 83.0 cm/s). Die maximale und die mittlere Flussgeschwindigkeit der V. subcutanea abdominis waren mit 72.9 cm/s bzw. 55.3 cm/s stark erhöht (normal 28.5 - 62.2 bzw. 21.0 - 47.8 cm/s). In der V. jugularis und in der V. subcutanea abdominis nahmen sowohl die maximale, als auch die minimale und die mittlere Flussgeschwindigkeit nach Xylazingabe ab. Die Messungen liessen sich an der A. carotis communis nicht durchführen und die V. uterina war nach der Sedation nicht mehr auffindbar. Das Tier wurde einer intensiven Therapie unterzogen und konnte geheilt wieder entlassen werden.

Tab. 18: Blutflussparameter bei einer Kuh mit einem Euterhämatom

Parameter	A. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.5	0.4
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	0.6	0.6
Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	111	119
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	3.3	4.1
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	46.6	42.9
Resistenzindex (RI)	1.0	1.0
Pulsatilitätsindex (PI)	2.5	2.9
Zeitgeschwindigkeitsintegral (TVI, m)	0.2	0.2
Querschnittfläche (CSA, cm ²)	0.2	0.3
Herzfrequenz (pro Minute)	92	77
Schlagvolumen (SV, ml)	4.5	4.3
Flussvolumen (FV, l/min)	0.4	0.3

Parameter	V. jugularis externa		V. musculophrenica	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	1.1	0.7	2.3	1.8
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	0.3	0.5	1.3	1.2
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	81.4	57.7	69.8	71.5
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	35.1	15.8	4.5	41.5
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	68.4	34.7	55.9	58.4

Fortsetzung Tabelle 18

Parameter	V. subcutanea abdominis		V. uterina
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.6	0.5	0.9
Gefäßsdurchmesser (D2, cm)	2.1	1.8	0.8
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	72.9	67.4	21.8
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	25.9	35.6	5.4
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	55.3	37.4	12.6

6.2.3. Hämatom der Eutervene

Eine 9-jährige Simmentalkuh wurde zehn Tage nach der Geburt mit einem Downer-Cow-Syndrom ans Tierspital überwiesen. Als Nebebefund wies sie an der linken V. subcutanea abdominis ein Hämatom auf, welches durch das Festliegen entstanden war. In diesem Fall waren vor allem die hämodynamischen Parameter der V. subcutanea abdominis auf der linken Seite vergleichend mit jener auf der rechten Seite von Interesse (Tab. 19). Die linke V. subcutanea abdominis war 0.9 cm und die rechte 1.9 cm im Durchmesser. Die maximale Flussgeschwindigkeit in der linken Vene betrug 38.7 cm/s und die mittlere 19.6 cm/s. Die maximale Geschwindigkeit in der rechten Vene betrug 20.0 cm/s und die mittlere 14.3 cm/s. Die maximale wie auch die mittlere Flussgeschwindigkeit waren in der linken V. subcutanea abdominis also markant grösser und der Gefässdurchmesser kleiner als in der rechten V. subcutanea abdominis. Dies ist damit erklärbar, dass das Hämatom die linke V. subcutanea abdominis komprimierte, was zu einem geringeren Durchmesser und folglich zu höheren Flussgeschwindigkeiten führte. Die Flussgeschwindigkeiten in der V. jugularis waren nach der Sedation höher als vorher, und das gleiche Phänomen konnte in der V. subcutanea abdominis der linken Seite festgestellt werden. In der V. musculo-phrenica hingegen waren die Flussgeschwindigkeiten herabgesetzt. Die rechte V. subcutanea abdominis zeigte bei den gesamten Parametern nur geringgradige Veränderungen.

Tab. 19: Blutflussparameter bei einer Kuh mit Eutervenenhämatom

Parameter	V. jugularis externa		V. musculophrenica	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.7	0.7	2.7	2.9
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	0.8	0.5	0.4	0.8
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	49.8	57.7	87.9	46.7
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	9.6	26.0	44.8	18.0
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	33.4	41.4	54.5	28.7

Parameter	V. subcutanea abdominis links		V. subcutanea abdominis rechts	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.7	0.7	0.7	0.6
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	0.9	0.8	1.9	2.1
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	38.7	50.1	20.0	18.3
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	6.2	23.8	8.3	9.3
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	19.6	26.0	14.3	12.0

6.2.4. Endocarditis valvularis dextra

Eine 3-jährige Braunviehkuh litt an einer septischen Arthritis im Sprunggelenk. Da sie trotz Behandlung immer über 40 °C Fieber zeigte, wurde sie 14 Tage später zur Abklärung an die Klinik überwiesen. Bei der Herzauskultation wurden eine hohe Herzfrequenz und ein systolisches Geräusch im Bereich der Trikuspidalklappen festgestellt. Ultrasonographisch erschienen die Trikuspidalklappen verdickt. Zudem wies die Kuh einen mit 2.5 Minuten stark verkürzten Glutaltest auf. Aufgrund dieser Befunde wurde die Diagnose Endocarditis valvularis gestellt. In der Farbdopplerstudie lagen vor der Xylazingabe sämtliche Werte im Normalbereich (Tab. 20). Nach Xylazingabe wiesen die V. jugularis und die V. musculophrenica erhöhte Blutflussgeschwindigkeiten auf. In der A. uterina nahmen die Geschwindigkeiten wie auch die Herzfrequenz ab. Da diese Krankheit eine infauste Prognose hat, wurde die Kuh euthanasiert. Bei der Sektion wurden stark verdickte, vereiterte Trikuspidalklappen festgestellt.

Tab. 20: Blutflussparameter bei einer Kuh mit Endocarditis valvularis dextra

Parameter	A. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.9	0.5
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	0.6	0.7
Maximale systolische Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	71.3	63.9
Maximale enddiastolische Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	8.3	4.1
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	32.8	25.2
Resistenzindex (RI)	0.9	1.1
Pulsatilitätsindex (PI)	1.9	2.7
Zeitgeschwindigkeitsintegral (TVI, m)	0.1	0.1
Querschnittfläche (CSA, cm ²)	0.2	0.4
Herzfrequenz (pro Minute)	114	102
Schlagvolumen (SV, ml)	1.7	2.6
Flussvolumen (FV, l/min)	0.2	0.3

Fortsetzung Tabelle 20

Parameter	V. jugularis externa		V. musculophrenica	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.7	0.7	2.2	1.9
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	0.6	0.5	0.7	0.9
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	55.4	65.9	105	120
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	18.1	33.9	48.1	59.9
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	36.9	46.2	67.9	88.9

Parameter	V. subcutanea abdominis		V. uterina	
	Vor der Sedation	Nach der Sedation	Vor der Sedation	Nach der Sedation
Distanz des Dopplermesspunktes von der Hautoberfläche (D1, cm)	0.6	0.5	1.0	0.8
Gefäßdurchmesser (D2, cm)	1.4	1.2	0.7	0.5
Maximale Flussgeschwindigkeit (V_p , cm/s)	41.8	47.3	25.4	23.8
Minimale Flussgeschwindigkeit (V_d , cm/s)	27.0	25.2	17.2	15.6
Mittlere Flussgeschwindigkeit (V_m , cm/s)	29.7	33.4	15.5	18.9

7. DISKUSSION

7.1. Methodenbewertung

Die vorliegenden Ergebnisse der Farbdoppler Untersuchung an Gefäßen bei gesunden Kühen sollen als Vergleichswerte für hämodynamische Parameter dienen, die bei Kühen mit Herz-/Kreislaufkrankheiten erhoben werden. Die Vergleichbarkeit von dopplersonographischen Messwerten werden nach DEPKEN (1999) durch untersucher- und patientenabhängige sowie gerätespezifische und messmethodische Faktoren erheblich beeinflusst.

Die Bedeutung der theoretischen und praktischen Erfahrung des Untersuchers für eine erfolgreiche Sonographie ist unbestritten. Dopplermessungen beinhalten eine Reihe von Fehlerquellen. Fehler in der Einstellung des Beschallungswinkels, Messfehler bei der Bestimmung des Gefäßdurchmessers bzw. ein sich zeitabhängig veränderndes Gefäßvolumen können zu gravierenden Abweichungen der ermittelten von den tatsächlichen Flussparametern führen. Eine deutliche Reduzierung der Fehlerquote wird durch Mehrfachbestimmungen erreicht (GILL, 1985; RANKE et al., 1990). Wiederholte Messungen wurden in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt, was das Vorhandensein einer gewissen Fehlerquote nicht ausschließt. Jede Messung wurde einmal an einem bestimmten Punkt durchgeführt. Die Messpunkte wurden so gewählt, dass der Längsschnitt und der Blutfluss eines Gefäßes gut sichtbar dargestellt werden konnten. Dies führte dazu, dass bei den einzelnen Gefäßen die Messungen vor und nach Sedation nicht genau an der gleichen Stelle vorgenommen wurden, was sich in den unterschiedlichen Abständen der Gefäße von der Hautoberfläche (D1) zeigte und sich auch auf den Gefäßdurchmesser (D2) auswirkte.

Die Abhängigkeit der Messgenauigkeit von Dicke und Art der vorgelagerten Gewebeschichten wurde in den Arbeiten von HENDRICKX et al. (1990) und RANKE et al. (1990) untersucht. Vorgelagerte Fett- und Muskelgewebe führen

zu einer Abschwächung der Farbsignale und zu einer grösseren Streuung der mit dem gepulsten Doppler erhobenen Werte, und es treten unterschiedlich stark geprägte Defekte auf, wodurch die Blutflusswerte erheblich unterschätzt werden. Die Spektralwellen erhalten ein gestauchtes Aussehen (HENDRICKX et al., 1990). Aus diesen Gründen wurden für diese Studie nur oberflächlich liegende Gefässe gewählt.

Generell lassen sich gerätespezifische Faktoren, die die Messergebnisse beeinflussen, nicht ausschliessen. Da in der vorliegenden Studie ausschliesslich ein Ultraschallsystem verwendet wurde, kommt diesem Punkt keine Bedeutung für die Streuung der Messergebnisse zu (DEPKEN, 1999).

Die häufigsten messtechnischen Fehler resultieren aus einem fehleingeschätzten oder zu grossen Beschallungswinkel zwischen dem Dopplerstrahl und der Gefässachse im Längsschnitt sowie aus einer falsch gewählten Grösse und Positionierung des Messvolumens. Der Beschallungswinkel sollte nicht mehr als 60° betragen (WIDDER und GOERTLER, 2004). Wenn nicht unter dem günstigsten Winkel untersucht wird, können bei der Dopplerableitung Messfehler auftreten, die zu einer Ueberschätzung der Strömungsgeschwindigkeit führen (ARNING, 2002). In dieser Studie wurden ein EUP-L53S- und ein 7.5-MHz-Linearschallkopf verwendet. Linearschallköpfe lassen sich optimal an der Haut ankoppeln und liefern rechteckige Bilder. Hier ist die Doppleruntersuchung eines Gefässabschnittes mit konstantem Schallwinkel möglich. Eine umschriebene Aenderung der Strömungsgeschwindigkeit ist bei gleichbleibendem Schallwinkel leichter zu erkennen als bei Anwendung eines Sektorschallkopfes. Um Gefässe, die annähernd senkrecht zur Schallrichtung verlaufen, besser untersuchen zu können, verfügen Linearschallköpfe über die Möglichkeit der Farbfenster-Kippung (beam steering). Dabei wird die Strahlrichtung der Ultraschallwellen durch zeitversetzte Ansteuerung der Piezoelemente seitlich abgelenkt. Dies führt zu einem günstigeren Beschallungswinkel. Die Kippung des Farbfensters wird für die Farbdoppleruntersuchung von Gefässen wie die in dieser Studie gewähl-

ten Arterien und Venen benötigt, die parallel zur Hautoberfläche verlaufen (ARNING, 2002). Bei der Durchführung der Farbdopplersonographie konnte in den vorliegenden Untersuchungen immer ein Beschallungswinkel von 60° eingehalten werden, so dass sich eine manuelle Winkelkorrektur erübrigte.

Auch die Position und Grösse des Messvolumens können die quantitativen Bestimmungen beeinflussen. Mit abnehmendem Messvolumen sinkt auch die Gesamtmenge der für die Dopplerspektrumanalyse zur Verfügung stehenden, vom strömenden Blut reflektierten Ultraschallsignale, so dass bei tiefer liegenden Gefässen kein ausreichendes Dopplersignal mehr detektierbar ist und bei Bewegungen der Schallsonde bzw. des Patienten das Gefäss aus dem Bild verschwindet. Entsprechend sollten bei der Untersuchung tiefer liegender Gefässe und bei unruhigen Patienten grössere Messvolumina bevorzugt werden (WIDDER und GOERTLER, 2004). Dies stellte ein grosses Problem in dieser Studie dar. Bereits kleinste Bewegungen der Tiere wie z. B. eine leichte Kopfbewegung oder ein Schritt nach hinten störten die Untersuchung enorm und es wurde schwierig, gute Flussbilder von den Gefässen zu erhalten. Speziell das Auffinden der A. carotis communis mittels der Ultraschallsonde wurde durch Abwehrbewegungen erschwert, so dass dieses Gefäss schnell aus dem ultrasonographischen Bild verloren ging und erneut gesucht werden musste. Im Weiteren veränderte sich der Druck, der mit der Ultraschallsonde zur Ankoppelung an die Haut ausgeübt wurde, was Messparameter wie den Gefässdurchmesser erheblich beeinflusste. Für die Durchführung der Ultraschalluntersuchung war es somit unerlässlich, dass eine Hilfsperson die Kühe am Kopf festhielt, damit diese etwas ruhiger waren.

Um alle in einem Gefässabschnitt auftretenden Geschwindigkeiten sicher zu detektieren, wurde in dieser Arbeit das Messvolumen immer so gross gewählt, dass der gesamte Querschnitt abgedeckt war.

7.2. Vergleich und Beurteilung der farbdopplersonographischen Ergebnisse der Gefässe

7.2.1. Arterien

Die Ultraschalluntersuchung der A. carotis communis konnte bei 13 Kühen durchgeführt werden. Die Frequenzspektren wiesen im grossen und ganzen ähnliche Erscheinungsbilder auf, wie sie auch früher festgestellt wurden (FÖHN, 1992). Regelmässig trat eine systolische Zacke auf, der anakrote Schenkel der Systole zeigte ein schmales Geschwindigkeitsspektrum, der katakrote ein breiteres, und es war eine diastolische Welle vorhanden. In der Spektralkurve repräsentiert die systolische Welle den Anstieg des Blutflusses bedingt durch die Kontraktion der Ventrikel und den anschliessenden Abfall am Ende der Systole. Die diastolische Welle wird verursacht durch den Rückfluss des Blutes gegen die geschlossenen Aortenklappen (CIPONE et al., 1997). Beim Pferd wurde mittels pw-Dopplersonographie an der A. carotis communis beobachtet, dass die Systole in zwei verschiedenen Wellenformen auftreten kann. Je nachdem, ob ein Einschnitt vorhanden war oder nicht, erschien der anakrote Schenkel zweigipflig oder nicht (CIPONE et al., 1997). Die beim Menschen gefundenen Flussmuster (WESKOTT und HOLSING, 1997) entsprechen denen von Pferden. Die Morphologie der arteriellen Spektralkurve hängt vom Typ der Arterie und vom Widerstand des Gefässbettes ab. Die A. carotis communis wie auch die A. uterina zählen zu den Überleitungsgefässen, welche ein niederresistentes Gebiet versorgen. Ihre Spektralkurven zeigen eine durch die hohe Geschwindigkeit bedingte steile Systole, auf welche eine sichtbare diastolische Welle folgt. Arterien, die ein Gebiet mit hohem Widerstand versorgen, zeigen nur eine flache systolische Welle (CIPONE et al., 1997).

Xylazin zeigte als Medikament mit sehr ausgeprägten Kreislaufwirkungen in Bezug auf die Flussparameter und die Form der Strompulscurve der A. carotis communis weitgehend die anhand der vorliegenden Literatur erwarteten Veränderungen. Bereits eine geringe Dosis Xylazin bewirkte eine signifikante Ver-

minderung sowohl der maximalen systolischen als auch der mittleren und enddiastolischen Flussgeschwindigkeit in der A. carotis communis und eine Abnahme des Flussvolumens um durchschnittlich 34 %. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Untersuchungen von FÖHN (1992), welche nach Xylazingabe eine hochsignifikante Reduktion aller Geschwindigkeitswerte und eine Senkung des Flussvolumens um 20 - 40 % ergaben (FÖHN, 1992). Bei Untersuchungen an unter Xylazinwirkung stehenden Kälbern kam es zu einer Reduktion des Herzzeitvolumens um 15 - 25 % (CAMPBELL et al., 1979). Im Gegensatz dazu konnten bei Untersuchungen an sedierten Ziegen keine Änderungen in den Flussgeschwindigkeiten festgestellt werden (LEE et al., 1990). Durch die Sedation erweiterte sich der Durchmesser der A. carotis communis und die Herzfrequenz verringerte sich signifikant. Ergebnisse mit gleicher Tendenz ergaben auch Studien an Wiederkäuern anderer Untersucher (CAMPBELL et al., 1979; GREENE und THURMON, 1988; LEE et al., 1990; FÖHN, 1992). Da sich die A. carotis communis in die A. carotis externa und in die A. carotis interna aufteilt, hängt der periphere Widerstand vom Widerstand in diesen Gefäßen ab. Der nach der Sedation beobachtete Anstieg des Resistenzindex lässt somit auf einen Anstieg des Gefäßwiderstands in einer dieser beiden Arterien schließen und kann auf die periphere Vasokonstriktion zurückgeführt werden, die eine Xylazingabe initial auslöst. Gegenteiliges wurde in der Arbeit von SCHMUCKER (2000) beschrieben, wo Pferde mittels Xylazingabe sediert wurden. Es wurde eine Erniedrigung des peripheren Widerstands, ein Abfall der Flussgeschwindigkeit, und eine Zunahme des Gefäßdurchmessers in der A. carotis communis beobachtet. Erklärt wurden diese Befunde damit, dass aufgrund der Geschwindigkeitsabnahme eine Kompensation stattfindet, indem der Gefäßdurchmesser zu- und der Resistenzindex abnimmt, so dass das totale Flussvolumen gleich bleibt. Diese widersprüchlichen Ergebnisse des Resistenzindex könnten auf unterschiedliche Zeitabstände zwischen der Xylazingabe bis zur Durchführung der Ultraschalluntersuchung zurückzuführen sein. Die direkte Stimulation peripherer

α -Rezeptoren führt zur peripheren Vasokonstriktion, wodurch der Gefässwiderstand ansteigt und es initial zu einem leichten Anstieg und danach zu einem Abfall des systolischen und diastolischen Blutdrucks kommt (GREENE und THURMON, 1988; PADDLEFORD und HARVEY, 1999).

Die negativen Korrelationen zwischen Gefässdurchmesser und maximaler systolischer und mittlerer Geschwindigkeit sind einleuchtend: Nach den physikalischen Gesetzen verhalten sich bei definiertem Flussvolumen Strömungsgeschwindigkeit und Durchmesser umgekehrt proportional zueinander. Die Evaluation von Blutflussparametern an der A. carotis communis bei gesunden Pferden ergab signifikante negative Korrelationen zwischen dem Gefässdurchmesser und der maximalen systolischen bzw. der mittleren Flussgeschwindigkeit (CIPONE et al., 1997). Die negative Wechselbeziehung zwischen maximaler enddiastolischer Geschwindigkeit und dem Resistenzindex bedeutet, dass die maximale enddiastolische Geschwindigkeit umso geringer ist, je grösser der Widerstand ist. Daraus, dass der Resistenzindex mit den anderen Flussgeschwindigkeiten positiv korreliert, kann gefolgert werden, dass der Widerstand nur auf die maximale enddiastolische aller Flussgeschwindigkeiten eine negative Auswirkung zu haben scheint.

Das Blutflussvolumen der A. uterina kann nach CHAOUI et al. (1989) mit Hilfe der Farbdopplersonographie nicht exakt gemessen werden, da die Bestimmung des Gefässdurchmessers aufgrund der starken Pulsation Schwierigkeiten bereitet. Bereits geringgradige Ungenauigkeiten bei der Messung des Durchmessers der A. uterina führen zu grossen Veränderungen im errechneten Flussvolumen. Der Blutfluss wird daher in der Dopplersonographie üblicherweise mit Hilfe der Blutflussgeschwindigkeit und der Dopplerindizes beschrieben (CHAOUI et al., 1989). In der vorliegenden Arbeit wurde die Farbdoppleruntersuchung an der A. uterina an nichtträchtigen Kühen und unabhängig vom Zyklus durchgeführt. BAUMGARTNER (1998) bestimmte die hämodynamischen Parameter in Abhängigkeit von Zyklus und Gravidität. Die in dieser Studie vor der Sedation er-

mittelten Resistenzindizes (0.89 ± 0.1) erwiesen sich als leicht grösser als seine über einen Zyklus gemittelten Ergebnisse (0.84 ± 0.05). Die Durchschnittswerte für die maximale systolische (82.32 ± 20.2 cm/s) und die mittlere Blutflussgeschwindigkeit (32.08 ± 7.7 cm/s) hingegen erwiesen sich als fast doppelt so hoch (49.5 ± 8.0 resp. 18.2 ± 5.2 cm/s). Der Grund dafür könnte darin liegen, dass in dieser Studie die Ultraschallsonde dem Gewebe mit grösserem Druck angelegt wurde als in der Arbeit von BAUMGARTNER (1998), und somit eine Kompression des Gefässes verursacht wurde, was zu einem erhöhten Resistenzindex und zu einer Abnahme des Gefässvolumens führte. Dies bewirkte, dass die Flussgeschwindigkeiten kompensatorisch zunahmen. BOLLWEIN (1998) führte farbdopplersonographische Untersuchungen an nichtträchtigen Stuten durch, wobei die über vier Oestruszyklen gemessenen Resistenzindizes Durchschnittswerte von ähnlicher Grösse ergaben (0.84 ± 0.02). Bei allen untersuchten Kühen konnte ein regelmässiges Geschwindigkeitsspektrum beobachtet werden, ähnlich wie es bei Pferden und Menschen beschrieben wurde (BOLLWEIN et al., 1998). In dieser Arbeit erbrachte die Sedation die zu erwartenden Veränderungen bei den Blutflusswerten und bei der Spektralkurve, ähnlich wie sie bei der A. carotis communis auftraten.

Für die A. uterina zeigten sich signifikante positive Korrelationen zwischen den vor und nach Sedation bestimmten Werten für Durchmesser, Querschnittfläche, Herzfrequenz, Schlag- und Flussvolumen. Die Erklärung dafür liefert die starke Abhängigkeit dieser Parameter voneinander und die allgemeine Herabsetzung des Herz-Kreislaufapparats durch die Wirkung von Xylazin. Eine positive Wechselbeziehung bestand auch zwischen der mittleren Flussgeschwindigkeit und der Herzfrequenz sowohl vor wie auch nach der Sedation. Dies zeigt, dass das Blut umso langsamer fliesst, je tiefer die Herzfrequenz ist.

7.2.2. Venen

Die Spektralkurven der Venen präsentierten sich in ganz unterschiedlichen Bildern. Es konnte bei den einzelnen Gefässen kein einheitlicher Verlauf festgestellt werden. Das Geschwindigkeitsspektrum stellte meist eine breite Bandenstruktur dar, welche ziemlich regelmässig verlief oder aber eine mehr oder weniger ausgeprägte Wellenform aufwies. Da sich die Blutzellen durch die laminare Strömung verschieden schnell im Gefäss bewegen, werden je Zeiteinheit eine Reihe von Geschwindigkeiten (zwischen fast 0 am Rand bis maximaler Geschwindigkeit im Zentrum des Gefässes) abgeleitet. Somit werden Wellenformen dargestellt, deren Hüllkurve durch die maximalen Geschwindigkeiten je Zeiteinheit gebildet wird (CHAOUI et al., 1989). Auch Zacken und Unregelmässigkeiten traten auf. Die Atmung wie auch das Vorhandensein einer benachbarten Arterie beeinflussten das Erscheinungsbild des Geschwindigkeitsspektrums ebenfalls. Eine Wellenform war häufig bei der V. jugularis externa, der V. musculophrenica und der V. uterina zu beobachten. Unter Xylazinwirkung erschien die Ausprägung dieser Wellenformen teilweise noch deutlicher. Ein Geschwindigkeitsspektrum, wie es FÖHN (1992) für die V. jugularis externa beschrieb, wurde bei diesen Untersuchungen nicht gesehen. Der durchschnittliche Wert für den Durchmesser der V. jugularis externa betrug rund 0.7 cm. In der Literatur wird ein Wert um die 1.5 cm angegeben (FÖHN, 1992). BRAUN et al. (1994) stellten fest, dass der Durchmesser der V. jugularis externa von kaudal nach kranial abnimmt. In deren Arbeit wurde der Durchmesser der linken V. jugularis externa an drei verschiedenen Messpunkten bestimmt. So betrug der ventrodorsale Durchmesser vor der Sedation an Punkt 1 (kranialer Halsbereich) 0.9 ± 0.44 cm, an Punkt 2 (mittlerer Halsbereich) 1.4 ± 0.17 cm und an Punkt 3 (kaudaler Halsbereich) 2.0 ± 0.35 cm. Der Grund für die tieferen Messwerte, welche in dieser Studie erhoben wurde, liegt einerseits darin, dass nicht immer an der gleichen Stelle gemessen wurde und andererseits im Druck, der durch das Ankoppeln der Sonde an die Haut ausgeübt wurde und das Gefäss komprimierte. Dieser Druck

veränderte sich auch durch Bewegungen der Tiere, welche eine gleichmässige Positionierung der Sonde am Körper über eine bestimmte Zeit verunmöglichten.

7.3. Beurteilung der Ergebnisse bei den kranken Kühen

Da es sich um nur 5 Kühe handelte, die zudem an unterschiedlichen Krankheiten litten, wurden die vor und nach Sedation erhobenen Blutparameter für jede einzelne Kuh beurteilt. Zwischen den verschiedenen Kühen wurden keine Vergleiche angestellt.

Bei den Untersuchungen an zwei Kühen mit Pericarditis traumatica fiel auf, dass bei einer Kuh die diastolische Welle der Spektralkurve der A. carotis communis ganz fehlte und der Durchmesser desselben Gefässes unter dem Normalbereich lag. Untersuchungen an Kühen mit der gleichen Erkrankung liegen in der Literatur nicht vor. Ähnliche Erscheinungen wurden bei einer Kuh entdeckt, die an einer idiopathischen Kardiomyopathie litt (FÖHN, 1992). In beiden Fällen mit Pericarditis traumatica konnten zusätzlich in der A. carotis communis herabgesetzte oder sich im unteren Normalbereich befindende Flussgeschwindigkeiten festgestellt werden. Diese Veränderungen lassen sich durch eine verminderte Herzleistung erklären.

Die Kuh mit dem Euterhämatom wies, bedingt durch die erhöhte Herzfrequenz, Blutflussgeschwindigkeiten weit über dem Normalbereich auf (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 1983). Der grosse Blutverlust führte zu einem Hämatokrit von 13 % und zu der stark erhöhten Herzfrequenz.

Unter Xylazinwirkung konnten keine einheitlichen Veränderungen festgestellt werden. In vielen Gefässen wie der V. jugularis externa bei der Kuh mit der Pericarditis traumatica (Fall 2), bei den Kühen mit dem Eutervenenhämatom bzw. mit der Endocarditis valvularis dextra nahm die mittlere Flussgeschwindigkeit zu, bei der Kuh mit der Pericarditis traumatica (Fall 1) und bei der Kuh mit dem Euterhämatom nahm sie ab. Die mittlere Flussgeschwindigkeit in der A. carotis communis nahm bei der ersten Kuh mit Pericarditis traumatica deutlich zu, bei

der zweiten Kuh blieb sie nach der Sedation ungefähr gleich gross. Die Gefässdurchmesser in den herznahen Gefässen (A. carotis communis und V. jugularis externa) nahmen bei der ersten Kuh mit Pericarditis traumatica zu, bei der zweiten Kuh in beiden Gefässen ab. Bei der Kuh mit dem Eutervenenhämatom nahmen in der linken V. subcutanea abdominis der Gefässdurchmesser ab und die mittlere Flussgeschwindigkeit zu; in der rechten V. subcutanea abdominis war es genau umgekehrt.

7.4. Ausblick

Mit Hilfe der Farbdopplersonographie konnten beim Rind vor allem oberflächlich gelegene Gefässe dargestellt und hämodynamische Parameter bestimmt werden. In dieser Studie wurden für einige Arterien und Venen des Rindes Normalwerte gemessen, da erst wenige Arbeiten in dieser Richtung vorliegen (FÖHN, 1992; BAUMGARTNER, 1998). Normalwerte sind Voraussetzung, um durch eine Erkrankung veränderte Werte interpretieren zu können. Die meisten Erkrankungen betreffen die Organe selbst und haben somit auch Auswirkungen auf die direkte Gefäss- und Blutversorgung. Die Durchblutung ist ein empfindlicher Parameter für die physiologische Funktion oder auch Dysfunktion eines Organs. Publikationen in diesem Bereich liegen auf dem Gebiet der Kleintiermedizin vor (DEPKEN, 1999; POULSEN NAUTRUP und TOBIAS, 2001). Die Farbdopplersonographie kann mit anderen Spezialuntersuchungen zur weiteren Abklärung von Herz- und Kreislauferkrankungen beim Rind beitragen.

8. LITERATURVERZEICHNIS

ARNING, C. (2002): Farbkodierte Duplexsonographie der hirnversorgenden Arterien. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

BAUMGARTNER, U. M. (1998): Farbdopplersonographische Untersuchung der Arteria uterina und des Corpus luteum beim Rind. Dissertation, Universität München.

BOLLWEIN, H., J. MAIERL, R. MAYER and R. STOLLA (1998): Transrectal color Doppler sonography of the A. uterina in cyclic mares. *Theriogenology* 49, 1483-1488.

BOLLWEIN, H., R. MAYER and R. STOLLA (2003): Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow during early pregnancy in mares. *Theriogenology* 60, 597-605.

BONAGURA, J. D. and M. W. MILLER (1998): Doppler echocardiography II, color Doppler imaging. *Vet. Clin. N. Am.-Small Anim. Pract.* 28, 1361-1389.

BRAUN, U., J. FÖHN and N. PUSTERLA (1994): Ultrasonographic examination of the ventral neck region in cows. *Am. J. Vet. Res.* 55, 14-21.

CAMPBELL, K. B., P. A. KLAVANO, P. RICHARDSON and J. E. ALEXANDER (1979): Hemodynamic effects of xylazine in the calf. *Am. J. Vet. Res.* 40, 1777-1780.

CHAOUI, R., H. HOFFMANN, R. BOLLMANN und H. BAYER (1989): Die Doppler-Sonographie in der geburtshilflichen Diagnostik. Zent.bl. Gynäkol. 111, 1141-1151.

CHRISTENSEN, K., M. O. NIELSEN, R. BAUER and K. HILDEN (1989): Evaluation of mammary blood flow measurements in lactating goats using the ultrasound Doppler principle. Comp. Biochem. Physiol. 92A, 385-392.

CIPONE, M., M. PIETRA, G. GANDINI, A. BOARI, C. GUGLIELMINI and M. VENTUROLI (1997): Pulsed wave-Doppler ultrasonographic evaluation of the common carotid artery in the resting horse: physiologic data. Vet. Radiol. & Ultrasound 38, 200-206.

DARKE, P. G. G. (1990): Doppler echocardiography in small animals. Vet. Internat. 2, 3-13.

DEPKEN, U. (1999): Farbkodierte und konventionelle Dopplersonographie von Arterien und Venen verschiedener abdominaler Organe bei adulten Europäischen Hauskatzen. Dissertation, Universität München.

FÖHN, J. (1992): Sonographische und duplexsonographische Untersuchungen an der ventralen Halsregion des Rindes. Dissertation, Universität Zürich.

GILL, R. W. (1985): Measurement of blood flow by ultrasound: accuracy and sources of error. Ultrasound Med. Biol. 11, 625-641.

GREENE, S. A. and J. C. THURMON (1988): Xylazine - a review of its pharmacology and use in veterinary medicine. J. vet. Pharmacol. Therap. 11, 295-313.

HAGIO, M. and H. OTSUKA (1987): Pulsed Doppler echocardiography in normal dogs and calves and three cases of valvular regurgitation. Jpn. J. Vet. Sci. 49, 1113-1125.

HELPER, L. C. (1970): Diagnosis of pregnancy in the bitch with an ultrasonic Doppler instrument. J. Am. Vet. Med. Assoc. 156, 60-62.

HENDRICKX, P., U. ROTH, F. BRASSEL, K. TAUBERT, C. RANKE und H. H. WAGNER (1990): Phantomuntersuchungen zur Wertigkeit der farbkodierten Doppler-Sonographie bei der arteriellen Verschlusskrankheit der unteren Extremitäten. Rofo 152, 421-4.

HUCK, K. (2001): Kursbuch Doppler- und Duplexsonographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

LEE, S. W., G. H. HANKES, R. C. PUROHIT, J. E. BARTELS, R. E. CARTEE, L. PABLO and J. C. CONTI (1990): Comparative study of ultrasonography and arteriography of the carotid artery of xylazine-sedated and halothane-anesthetized goats. Am. J. Vet. Res. 51, 109-113.

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE (1984): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band III. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.

PADDLEFORD, R. R. and R. C. HARVEY (1999): Alpha₂ agonists and antagonists. Vet. Clin. N. Am.-Small Anim. Pract. 29, 737-745.

POULSEN NAUTRUP, C. und R. TOBIAS (2001): Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover.

RANKE, C., P. HENDRICKX, F. BRASSEL, U. ROTH, A. CREUTZIG und K. ALEXANDER (1990): Duplexsonographie: Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Fehlermöglichkeiten. Dtsch. med. Wschr. 115, 528-533.

ROSENBERGER, G. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.

SCHMUCKER, N., U. SCHATZMANN, K. BUDDE, M. GUNDEL, C. JÄGGIN and H.P. MEIER (2000): Duplex-ultrasonographic evaluation of the common carotid artery in the resting, sedated and anesthetized horse. Vet. Radiol. & Ultrasound 41, 168-171.

SILBERNAGEL, S. und A. DESPOPOULOS (1983): Taschenatlas der Physiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

TRACHSEL, R. und U. SCHATZMANN (1984): Untersuchungen zur Wirkung und Nebenwirkung von Xylazin (Rompun[®]) beim Rind. Prakt. Tierarzt 65, 826-834.

WESKOTT, H. P. and K. HOLSING (1997): US-based evaluation of hemodynamic parameters in the common carotid artery: A nomogram trial. Radiology 205, 353-359.

WIDDER, B. und M. GOERTLER (2004): Doppler- und Duplexsonographie der hirnversorgenden Arterien. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

9. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich allen, die zur Entstehung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben, herzlich danken:

Herrn Prof. Dr. U. Braun für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referats.

Herrn PD Dr. T. Glaus für die Übernahme des Korreferats.

Meinem Onkel B. Koster für die Bereitstellung und den Transport der gesunden Kühe.

Frau med. vet. E. Zollinger für die tatkräftige Hilfe und gute Laune bei den Ultraschalluntersuchungen.

Frau P. Raggenbass, Hitachi Medical Systems, für das Erstellen des Ultraschallprogramms und die freundliche Unterstützung beim Einarbeiten.

Frau Dr. S. Ohlerth für die vielen wertvollen Ratschläge.

Herrn PD Dr. M. Hässig für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen.

Den PflegerInnen und StudentInnen des Tierspitals Zürich für die Mithilfe bei den Untersuchungen und für die Betreuung der Tiere.

LEBENS LAUF

Rahel Hoegger

18. April 1973	geboren in St. Gallen
1980-1986	Primarschule in Wuppenau TG
1986-1988	Mädchensekundarschule St. Katharina in Wil SG
1988-1993	Kantonsschule in Frauenfeld TG mit Matura Typus B
1993-1999	Studium der Veterinärmedizin an der Universität Zürich mit Staats- examen
Februar-Dezember 2000	Assistentin in der Gemischtpraxis Dres. med. vet. C. und L. Metzger in Wattwil SG
Februar 2001-August 2002	Assistentin in der Gemischtpraxis Dres. med. vet. Kunz/Eng/Wyss in Willisau LU
September 2002-Januar 2005	Assistentin und Doktorandin im Departement für Nutztiere der Universität Zürich
Seit März 2005	Assistentin in der Nutztierpraxis Bisig Tierärzte AG in Kaltbrunn SG